



Análisis de un esquema de pago por conservación del servicio de polinización natural en cultivos de cholupa (*Passiflora maliformis*) de Rivera, Huila

Laura Victoria Calderón Acero

Universidad Nacional de Colombia
Instituto de Estudios Ambientales- IDEA
Bogotá, Colombia
2017

Análisis de un esquema de pago por conservación del servicio de polinización natural en cultivos de cholupa (*Passiflora maliformis*) de Rivera, Huila

Analysis of a payment scheme for the conservation of natural pollination service in cholupa (*Passiflora maliformis*) crops from Rivera, Huila

Laura Victoria Calderón Acero

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Directora:

Carmenza Castiblanco Rozo

Línea de Investigación:

Economía y Ambiente

Grupo de Investigación:

IDEA

Universidad Nacional de Colombia

Instituto de Estudios Ambientales- IDEA

Bogotá, Colombia

2017

A las abejas...

*de quienes siempre se recibe
la más dulce recompensa*

Agradecimientos

Al programa de Estímulos Thomas van der Hammen, del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, por la financiación del trabajo de campo. A Mónica Bibiana Berdugo, mi mentora, por su guianza académica, paciencia y dedicación en la ejecución de la mayor parte de la tesis. A la profesora Carmenza Castiblanco, por su confianza, compañía y cariño incondicional.

A Ángela Teresa Rodríguez por presentarme los productores de cholupa en Rivera y haberme inspirado en el trabajo con este cultivo. A los productores de cholupa Arturo Pascuas, Andrés Calderón, Pedro Pineda, Marino Borrero, José Chala, José Eduardo Hernández, Carlos Tobar, Ricardo Montealegre, Fermín Aguilar, Ramiro Perdomo, José Eber Rodríguez, Manuel Montenegro, Pabel Gómez, Mauricio Galindo y Nohora Pérez por confiar en mi trabajo, abrirme las puertas de sus cultivos y apoyarme en cada cosa que les fue posible.

A mis auxiliares de campo y amigos, Adriana Ávila, Susana Currea y Carlos Andrés Regalado, por su apoyo desinteresado y su compañía durante los momentos difíciles. A Juan David González por su acompañamiento en el tratamiento de los datos.

A Mercedes del Pilar González, Luisa Fernanda Boada y Natalia Pacheco por su apoyo emocional para lograr sacar adelante este trabajo. A mis padres, mi familia y todos aquellos amigos que me animaron en uno u otro momento.

Resumen

La polinización natural, principalmente facilitada por abejas, es un servicio ecosistémico (SE) clave en la preservación de ecosistemas no manejados y en la producción agrícola a nivel mundial. Aunque la pérdida de abejas silvestres no está completamente documentada, se considera que sus principales causas son la pérdida y fragmentación del hábitat, la monotonía de los recursos florales disponibles y el uso de agroquímicos. Al respecto, se caracterizó a través del cálculo de la Estructura Agroecológica Principal (EAP), el sistema productivo de cholupa (*Passiflora maliformis*) en el municipio de Rivera, Huila, con el objetivo de establecer las potencialidades y limitaciones de un posible esquema de pago por servicios ambientales (PSA) por conservación de la polinización. Se identificaron como variables críticas para el manejo de polinizadores nativos dentro del cultivo, las prácticas de manejo de arvenses, el control de plagas y la conexión con la Estructura Ecológica Principal del paisaje. Pese a que los productores de la región cuentan con un amplio conocimiento y preocupación por las abejas silvestres y el papel que cumplen en sus cultivos, se propone que un incentivo a la conservación es necesario para impulsar un cambio específicamente dirigido a la conservación de este SE. Sin embargo, varios elementos característicos de los PSA no se ajustan a las particularidades ecosistémicas de la polinización.

Palabras clave: Abejas silvestres, incentivo económico, conservación, polinización.

Abstract

Natural pollination, mainly derived from bees, is a key ecosystem service (ES) in the conservation of wild ecosystems and agriculture productivity worldwide. Even when the losses of native bees are not well documented, it is believed that the main causes for that are the habitat loss and fragmentation, the homogeneity on floral resources and the use of pesticides. According to that, we described the productive system of cholupa (*Passiflora maliformis*) in Rivera, Huila, using the estimation of the Agroecological Principal Structure (EAP). The main objective was to identify the potentialities and limitations of a possible scheme of payment for environmental services (PES) focused on conservation of wild pollination. We identify, as critical variables for the managing of pollinators into the farms, weed and pest control and the connection between the crop and the ecological structure at landscape level. The *cholupa* growers count with many information about the role of native bees in their crops, and show some awareness about its disappearance. However, it would be difficult possible to achieve a conservation goal related with native pollination, without the implementation of some kind of economic incentive. Nevertheless, some crucial elements of the PES schemes do not fit completely with the peculiarities of pollination service.

Key words: Native bees, economic incentive, conservation, pollination.

Contenido

	Pág.
Lista de figuras.....	XI
Lista de tablas	XII
Introducción	1
Justificación y antecedentes.....	5
1. Marco teórico.....	9
1.1 El enfoque de los servicios ecosistémicos	9
1.2 Referentes teóricos en el estudio de la polinización como servicio ecosistémico	13
1.3 Los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA)	17
1.3.1 Conceptualización teórica de los PSA.....	17
1.3.2 Marco legal de los PSA en Colombia	22
1.3.3 Revisión de experiencias de valoración económica de la polinización y estrategias económicas para su conservación.	26
1.4 Los sistemas socioecológicos como marco general.....	35
2. Metodología.....	38
2.1 Área de estudio.....	38
2.2 Caracterización agroecológica y socioeconómica de los sistemas de producción de cholupa en Rivera	41
2.3 Análisis de los elementos principales de un posible esquema de PSA por polinización natural.....	55
3. Resultados: Caracterización agroecológica y socioeconómica de los sistemas de producción de cholupa en el Huila	57
3.1 El cultivo de cholupa (<i>Passiflora maliformis</i>)	57
3.1.1 Caracterización socioeconómica	57
3.1.2 Generalidades agroecológicas del cultivo de cholupa	60
3.2 Estructura Agroecológica Principal	65
3.2.1 Variables relacionadas con la conexión al paisaje asociado con el cultivo (EEP y ECE)	67
3.2.2 Variables relacionadas con la agrobiodiversidad florística (DCE y DIC)69	69

3.2.3	Variables relacionadas con el uso del suelo y las prácticas de manejo agrícola (US, MA, CP y OP).....	72
3.2.4	Variables relacionadas con las percepciones y la capacidad de acción (PC y CA)	81
4.	Resultados: Elementos principales para el diseño de un posible esquema de pago por conservación del servicio de polinización natural	87
4.1	Adicionalidad del servicio ecosistémico	90
4.1.1	Requerimientos específicos de polinización en cholupa.	94
4.1.2	Relación entre el manejo del agroecosistema y la provisión del SE.....	95
4.1.3	Principales prácticas agrícolas objeto de transformación en el sistema cholupa- polinizadores nativos.	105
4.2	Elementos económicos relativos al “pago”	109
4.2.1	Sobre el SE como externalidad.....	110
4.2.2	Sobre los costos de oportunidad.....	114
4.2.3	Sobre los costos de transacción	119
4.3	Elementos institucionales de aplicación	124
5.	Conclusiones y recomendaciones	130
	Anexos.....	135
A.	Descripción de las variables utilizadas para estimar la EAP	135
B.	Encuesta de caracterización del servicio de polinización natural en cultivos de cholupa en el Huila	137
C.	Algunas de las especies de árboles más representativas en cercas vivas de cultivos de cholupa.....	148
	Bibliografía	150

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Distribución proporcional del total de especies de abejas en el mundo, de acuerdo a sus preferencias alimenticias y de hábitat.....	15
Figura 1-2: Marco conceptual de los sistemas socioecológicos.....	35
Figura 2-1: Mapa de ubicación de las fincas donde se realizó el estudio.....	40
Figura 2-2: Categorías de análisis definidas para los componentes de la EAP.....	54
Figura 3-1: Fotografía de un cultivo de cholupa bajo el sistema de tutorado tipo emparrado.....	61
Figura 3-2: Fotografía de un cultivo de cholupa bajo el sistema de tutorado tipo espaldera	62
Figura 3-3: Esquema general del proceso productivo de la cholupa en el Huila	64
Figura 3-4: Gráfico con el valor promedio de los componentes de la EAP de las fincas productoras de cholupa.	66
Figura 3-5: Imágenes satelitales de los fragmentos de vegetación secundaria más cercanos a las fincas 2 (A) y 12 (B)	68
Figura 3-6: Fotografía de una finca con rocas de gran tamaño en toda el área del cultivo	74
Figura 4-1: Relaciones entre los gastos de los productores, los componentes de la EAP y los efectos de éstos en el SE de polinización natural de cholupa.	107
Figura 4-2: Mapa de coberturas del suelo y la ubicación de las propiedades (en rojo) dentro de las que están los cultivos de cholupa analizados.....	116
Figura 4-3: Relación entre el número de coberturas mantenidas al interior de la propiedad y el área total de ésta.	117
Figura 4-4: Análisis de correspondencia entre los principales componentes de la EAP que inciden sobre los polinizadores, y el tamaño y tipo de propiedad de la finca.....	118
Figura 4-5: Relación entre la variable CP y los gastos asociados a la fumigación del cultivo de cholupa por mes y por hectárea.	123
Figura 4-6: Relación entre la variable MA y los gastos asociados al desmalezado del cultivo de cholupa por mes y por hectárea.	124
Figura 4-7: Principales elementos de la propuesta alternativa de incentivo económico por conservación del SE de polinización natural.....	127
Figura 4-8: Esquema de actores y articulación institucional para la implementación de un posible incentivo por conservación del SE de polinización natural en cultivos de cholupa del Huila.	129

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Principales definiciones de los esquemas de PSA, desde diferentes perspectivas teóricas.	21
Tabla 2-1: Ubicación de las fincas donde fue realizado el estudio.	39
Tabla 2-2: Componentes evaluados para estimar la EAP de las fincas.	41
Tabla 2-3: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente de la EEP	43
Tabla 2-4: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente DCE	44
Tabla 2-5: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente DIC	45
Tabla 2-6: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente US	46
Tabla 2-7: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente MA	47
Tabla 2-8: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente OP	47
Tabla 2-9: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente PC	48
Tabla 2-10: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente CA.....	50
Tabla 2-11: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente CP.....	51
Tabla 3-1: Características generales de la población de productores de cholupa en Rivera, Huila	58
Tabla 3-2: Gastos e ingresos asociados al cultivo de cholupa en Rivera, Huila.....	59
Tabla 3-3: Resultados de los componentes y el total de la EAP para las fincas evaluadas	65
Tabla 3-4: Resultado de la caracterización de los componentes EEP y ECE	68
Tabla 3-5: Resultado de la caracterización del componente DCE	70
Tabla 3-6: Resultado de la caracterización del componente DIC.....	71
Tabla 3-7: Resultado de la caracterización del componente US.....	72
Tabla 3-8: Resultados de la caracterización del componente MA.....	76
Tabla 3-9: Resultado de la caracterización del componente CP	78
Tabla 3-10: Resultado de la caracterización del componente OP.....	81
Tabla 3-11: Resultado de la caracterización del componente PC.....	82
Tabla 3-12: Resultado de la caracterización del componente CA.....	84
Tabla 4-1: Principales beneficios y desventajas identificadas por productores de cholupa en Rivera, frente a la implementación de prácticas agroecológicas.	91

Tabla 4-2: Principales rasgos de historia de vida de los grupos más importantes de polinizadores de cholupa.....	99
Tabla 4-3: Comparación de tres alternativas de manejo que podrían incrementar el SE de polinización de cholupa	104

Introducción

La polinización natural es un servicio ecosistémico clave en la preservación de ecosistemas no manejados y en la producción agrícola a nivel mundial. El 87.5% de las plantas con flor (aproximadamente 308.000 especies) dependen en alguna medida de este servicio (IPBES, 2016). Además, cumple un papel determinante en la seguridad alimentaria global, pues garantiza entre el 33% y el 35% de toda la producción agrícola mundial (Klein *et al.*, 2009) y en el disfrute de la diversidad biológica y de una vida sana, en cuanto participa principalmente en la producción de alimentos con alto valor nutricional (Eilers *et al.*, 2011).

La pérdida global de polinizadores, aunque está poco documentada para la mayoría de especies de abejas, se considera un problema serio en cuanto al aumento de sus principales causas: la pérdida y fragmentación del hábitat, el uso de agroquímicos, aparición de patógenos, introducción de especies, cambio climático y las interacciones entre estos factores (Potts *et al.*, 2010). Se conoce que el 16,5% de polinizadores vertebrados se encuentra en algún grado de peligro, de acuerdo a la UICN. En Europa, el 9% de las abejas y mariposas se encuentran en riesgo y se estima que el 37% de las poblaciones de abejas en el mundo, están disminuyendo (IPBES, 2016). Incluso, pese al aumento en las últimas cinco décadas del número de colmenas de *Apis mellifera*, en Europa y Norte América ya se han dado múltiples alertas sobre la existencia del Síndrome de Desaparición o Colapso de las Colonias (CCD) (Chopra *et al.*, 2015). Desde este punto de vista, la implementación urgente de estrategias de conservación de los polinizadores es un objetivo necesario para preservar la seguridad alimentaria, el bienestar humano, la diversidad de plantas silvestres y la estabilidad de los ecosistemas, entre otros (Garibaldi *et al.*, 2011).

Varios de los factores que inciden sobre la salud de las poblaciones de polinizadores y de los ecosistemas de los que ellos dependen, están relacionados con las actividades agrícolas. Los usos inadecuados del suelo y el manejo insostenible de los cultivos, relacionado con el uso de plaguicidas, la alteración físicoquímica de los suelos o la homogeneidad de fauna y flora dentro de las fincas, influyen en la presencia y el papel ecológico de los agentes polinizadores, de cuya abundancia y diversidad dependen los rendimientos y la calidad de muchos cultivos.

Recientemente, la propuesta de los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA), se ha consolidado como uno de los paradigmas predominantes en materia de conservación biológica a través de instrumentos económicos. Especialmente en países en vía de desarrollo, se ha posicionado por considerarse una solución tanto a la creciente degradación ecosistémica, como a la pobreza y la desigualdad (Muradian *et al.*, 2010). Partiendo de las experiencias adquiridas con otro tipo de esquemas agroambientales enfocados en la protección de polinizadores principalmente en países desarrollados, y como manifestación consensuada de la comunidad científica, la IPBES (2016) sugiere que el recompensar a los campesinos por las prácticas amables con los polinizadores, a través de PSA, es una opción de manejo viable cuya efectividad no ha sido evaluada.

Además, dentro de este mismo marco, se evalúan distintos modos de agricultura en el mundo, dentro de los cuales se establece que el camino para garantizar los beneficios de la agricultura para las personas y los ecosistemas, es decir su sostenibilidad, debe dirigirse hacia la *intensificación ecológica*. El objetivo de este modelo es generar una mayor eficiencia por hectárea a través del incremento de la intensidad de los procesos ecológicos que soportan la producción, incluida por su puesto, la polinización (IPBES, 2016). Sin embargo, se acepta que este es un proceso complejo que implica una gran inversión y capacidad institucional, elementos que teóricamente buscan ser resueltos a través de estrategias similares a los PSA.

En Colombia, el marco normativo y político de los esquemas de PSA, en construcción, ha promovido estos instrumentos como alternativas importantes al mal manejo de los suelos y a la pérdida de biodiversidad e integridad ecosistémica. De hecho, la Política Nacional

para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), recomienda de manera clara, “ampliar el espectro de los SE considerados para PSA” más allá de los servicios hídricos y la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico, por su parte, estipula la necesidad de estudiar a fondo el instrumento de PSA, así como completar el marco normativo para su implementación en Colombia.

Específicamente, en nuestro país, se han implementado numerosos esquemas de PSA con el fin de proteger áreas estratégicas de conservación del recurso hídrico como páramos y humedales. Algunas otras propuestas se han realizado para PSA en biodiversidad y captura de carbono (Blanco, 2005). Sin embargo, frente al diseño de esquemas de PSA en agroecosistemas, hacen falta análisis que tengan en cuenta las particularidades biofísicas y culturales que los representan.

En algunos cultivos de pasifloras, como el maracuyá, los PSA se han identificado como instrumentos con un alto potencial en la conformación de acuerdos de conservación que garanticen un cambio tecnológico necesario frente a prácticas de manejo convencionales (Calle *et al.*, 2010). Especialmente en escenarios en los que los productores son conscientes de la importancia de los procesos ecológicos en la cantidad y/o calidad de su producción. Sin embargo, analizar bajo qué circunstancias estos esquemas de pago pueden funcionar como punto de inicio de una transformación tecnológica y en general, cultural de sistemas de producción intensivos, es un ejercicio que permitiría en el futuro la toma de decisiones acertadas y bien planificadas, evitando aquellas menos efectivas o responsables.

De acuerdo a lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo determinar las características principales de diseño y posibilidades de implementación de un esquema de pago por conservación de polinización natural en cultivos de cholupa, del municipio de Rivera, Huila. Con el desarrollo del estudio se pretende identificar los elementos fundamentales de tipo agroecológico, institucional y económico que resultan relevantes para el eventual diseño de un esquema de pago por conservación de la polinización natural asociada a cultivos de cholupa en el Huila. Además, se quiere contestar a las siguientes preguntas: ¿cuáles son las percepciones y posibilidades reales de adopción de un esquema de pago por este servicio en cultivos de cholupa, por parte de los

agricultores? y ¿cuáles son las potencialidades y limitaciones de un instrumento económico de este tipo?

Esto se llevó a cabo a través de una caracterización a profundidad de los aspectos ecosistémicos y culturales más importantes de los agroecosistemas productores de cholupa, los cuales permitieron calcular la Estructura Agroecológica Principal (EAP) (León- Sicard, 2014) de las fincas. A partir de este indicador, fue posible establecer aquellas prácticas de manejo críticas para cuantificar, en la implementación de un posible esquema de PSA, la adicionalidad del SE particular de la polinización en los cultivos. Por otro lado, los resultados permitieron identificar las motivaciones y percepciones de los productores de cholupa en la región, que pueden definir claramente el éxito o fracaso de esquemas de conservación como el propuesto desde el enfoque de los PSA.

Se discute la pertinencia de los esquemas de PSA en el sistema analizado y se proponen instrumentos económicos similares a los incentivos a la conservación, como una buena alternativa para impulsar la transformación tecnológica requerida para mantener y aumentar las poblaciones de polinizadores nativos en los cultivos de cholupa. Aun cuando los productores de este frutal conocen muy bien el papel de los polinizadores en sus cultivos, y algunos de ellos perciben una pérdida de los mismos, se considera que, sin un incentivo inicial, no se implementarán en el corto o mediano plazo, estrategias dirigidas específicamente a la conservación de este SE.

Justificación y antecedentes

Las pasifloras constituyen uno de los grupos de frutales más diversos en Colombia, con 170 especies (58 endémicas), lo que hace que sea el país con la mayor riqueza en este grupo. Su centro de diversidad se localiza en los Andes de Colombia y Ecuador, con una representación del 81% de las especies en la región Andina colombiana, principalmente en los bosques de cuencas hidrográficas entre 1000 y 2000 msnm (Ocampo Pérez *et al.*, 2007).

El departamento del Huila cuenta hasta el momento con 26 especies de pasifloras inventariadas, todas del mismo género (*Passiflora*) y se constituye en el departamento con menor riqueza de estas plantas de la región Andina. Teniendo en cuenta el número de especies registradas en departamentos con condiciones similares, como el Tolima (44 especies), se atribuye la poca riqueza a la falta de esfuerzos investigativos en la zona. Pese a esto, ocho de las 26 especies registradas, son especies cultivadas, dentro de las que se destaca la cholupa (*P. maliformis*). En consecuencia, y sumado al arraigo tradicional de los campesinos del Huila por estos cultivos, se considera éste como el departamento con el mayor potencial de desarrollo de estos frutales (Ocampo, 2013).

Las pasifloras realizan un aporte significativo a la economía nacional y en el departamento del Huila en particular, las seis especies principalmente cultivadas (badea, curuba, cholupa, gulupa, granadilla y maracuyá) sumaron en el año 2012, un total de 4.380 hectáreas sembradas. En el caso de la cholupa (*P. maliformis*), el 100% de la producción nacional se da en el departamento del Huila, en el municipio de Rivera, con 1112 toneladas obtenidas anualmente para el 2011 (Garay Suaza, 2011). El maracuyá (*P. edulis flavicarpa*), la granadilla (*P. ligularis*) y la gulupa (*P. edulis edulis*), por su parte, han adquirido gran importancia en la balanza de exportaciones de frutales a nivel nacional (Espinal *et al.*, 2005).

En las pasifloras los requerimientos de los polinizadores para la reproducción son variables, pero siempre dependientes, en un rango que oscila entre el 68% y el 100% (Ángel- Coca *et al.*, 2011; Henao, 2013). La variación también se manifiesta en la dinámica de las funciones reproductivas durante la vida de las flores y de los cultivos según la especie. Sin embargo, en el género *Passiflora* la morfología floral altamente especializada se mantiene en todas las especies (Endress 1994), lo cual hace pensar que la comunidad de polinizadores asociados pueda potencialmente compartirse, por lo menos en términos de gremios funcionales. Dicha comunidad está compuesta principalmente por abejas grandes de los géneros *Xylocopa*, *Epicharis*, y *Eulaema* (Gonzalez & Gonzalez, 2009; Medina- Gutiérrez *et al.*, 2012; Pinilla-Gallego & Natesparra, 2015).

Pese al conocimiento de los polinizadores efectivos, en el caso particular del cultivo de cholupa, y el importante rol que desempeñan en la producción, en el departamento del Huila, y específicamente en el municipio de Rivera, hay una clara disminución de polinizadores nativos, como resultado de la intensificación de las prácticas de manejo de los cultivos y la pérdida de hábitat. En este departamento (y en otras zonas de alta producción a nivel nacional) la importancia de los polinizadores para los productores de maracuyá fue evaluada por Calle *et al.* (2010) en respuesta a la escasez percibida de estos organismos. Los productores de pasifloras en la zona perciben el déficit de polinizadores, son conscientes de su importante papel en la producción y reconocen los requerimientos de hábitat que tienen sus poblaciones. Todos los encuestados reconocen la importancia preponderante de las abejas carpinteras (*Xylocopa spp.*) en la producción, aunque debido a su escasez, una cuarta parte de ellos contrata servicios de polinización manual. Del mismo modo, los cultivos son fuertemente irrigados, fertilizados y fumigados, acciones que constituyen presiones fuertes a los polinizadores nativos, junto con la transformación de áreas naturales cercanas a las fincas.

En el marco del proyecto “Valoración de los servicios de polinización por abejas en algunos cultivos frutales promisorios de Colombia”, desarrollado en el Laboratorio de Investigaciones en Abejas de la Universidad Nacional de Colombia, se estudiaron los cultivos de cholupa en el municipio de Rivera, Huila. Como resultado de este trabajo, se

determinó la biología floral de la planta (Henao, 2013) y su dependencia de distintos grupos de polinizadores, equivalente al 77,7%. Además, se estableció que existe una alta tasa de abortos en ausencia de polinizadores (Rodríguez Calderón, 2014). Las investigaciones citadas han reconocido como resultado, un déficit de polinizadores nativos en estos cultivos, representado aproximadamente en un 35%.

El déficit observado de polinizadores nativos (Rodríguez Calderón, 2014) puede ser resultado de diversos factores tanto ecosistémicos como culturales. En el ámbito cultural, el manejo agronómico de los cultivos, relacionado con el apoyo técnico brindado a los productores durante años y el impulso que se les ha dado a nivel comercial a productos de control de plagas y enfermedades de síntesis química, se proponen como posibles impulsores de la pérdida y degradación de las poblaciones de polinizadores, en este sistema de producción. Como principales recomendaciones obtenidas del proyecto de investigación mencionado, se llama la atención hacia la necesidad de mantener plantas de forrajeo suplementarias en el cultivo, para garantizar la nutrición de las abejas visitantes; reducir la frecuencia y cantidad de plaguicidas de síntesis química utilizados, y manejar de manera activa sitios de nidificación dentro de los cultivos (Rodríguez *et al.*, 2015).

Una vez caracterizado el problema ecológico ligado a los polinizadores en estos cultivos, surgió el interés de investigación sobre las posibles alternativas de manejo e instrumentos económicos propuestos desde otros enfoques. Diversas alternativas a los modelos de producción intensiva en general, se han propuesto desde diversas áreas del conocimiento y a nivel técnico y científico es posible que se cuente con la información necesaria para caracterizar los cambios en los sistemas agroecológicos que se requieren. Sin embargo, las transformaciones culturales y en especial, las tecnológicas responden a lenguajes más complejos. Los medios por los cuales este gremio de productores inicie la transformación de sus prácticas, deben ser propuestos de manera urgente dado que la solución tecnológica de polinización manual está en aumento mientras las poblaciones de polinizadores nativos disminuyen y con ellas una gran cantidad de biodiversidad y funciones ecosistémicas asociadas.

Distintas organizaciones, centros de investigación y cooperativas especializadas en producción de pasifloras, se han conformado a nivel departamental en los últimos años

con el objetivo de transferir tecnologías, promover la investigación y fomentar la innovación, todo encaminado hacia la competitividad del sector a nivel nacional. Logros como la denominación de origen de la “cholupa del Huila” otorgada en el 2007 (resolución No. 43536) por la Superintendencia de Industria y Comercio, han hecho que el interés en estos cultivos sea cada vez mayor. Por otro lado, la cholupa puede ser considerada como un cultivo promisorio a nivel nacional. Esto quiere decir que está aún cultivado de forma no extensiva, es sub-utilizado y tiene un alto potencial tanto para la conservación de ecosistemas (por la alta biodiversidad asociada a él) como para su comercialización. Por el momento, la mayoría de la producción es distribuida y comercializada únicamente en la zona norte del departamento del Huila (Rodríguez *et al.*, 2015).

Sin embargo, el apoyo técnico brindado a los productores y el impulso que se les ha dado a nivel comercial, no ha tenido en cuenta a la polinización natural como una función ecosistémica perjudicada por las prácticas de manejo predominantes. Es por esto, que la inclusión de estas instituciones en el estudio de estrategias de conservación de polinizadores es un reto que requiere atención.

A partir del análisis exploratorio realizado con productores de maracuyá en distintas regiones de país (Calle *et al.*, 2010), las recomendaciones de distintas instancias de política pública a nivel nacional y global, y del auge en las últimas décadas de los instrumentos económicos para la conservación, principalmente de los pagos por servicios ambientales (PSA), se pueden plantear alternativas distintas de manejo. Estos mecanismos, se proponen como una herramienta de mercado interesante, pero con poco énfasis en el SE particular de la polinización. La construcción de estrategias de gestión de los agroecosistemas, en la práctica, implica analizar a la luz de sistemas de producción y realidades sociales particulares, esta y otras alternativas que frenen de manera urgentemente el aumento de los riesgos para la agrobiodiversidad.

Finalmente, esta investigación aporta a los objetivos específicos de la Iniciativa Colombiana de Polinizadores (ICPA), en cuanto busca profundizar el nivel de conocimiento no solo de la biodiversidad de abejas en nuestro país, sino en cuanto a algunas alternativas de conservación planteadas desde la teoría económica.

1.Marco teórico

1.1 El enfoque de los servicios ecosistémicos

El concepto de *servicio ecosistémico* (SE) desde una perspectiva antropológica, surge desde el momento en que los primeros seres humanos pensaron el mundo natural y hallaron una forma de tomar decisiones sobre cómo utilizarlo (Danley & Widmark, 2016). Es decir, que el concepto no busca identificar o descubrir nuevos elementos del ambiente que antes no existieran, sino reconocer de una manera pedagógica, en sus inicios, la importancia de los ecosistemas en la vida humana y combatir la aparente ceguera de los hacedores de política frente a la naturaleza (Lele *et al.*, 2013). El primer contexto en el que el término fue acuñado fue el de la preocupación por la extinción de las especies, precisamente en el libro de Ehrlich y Ehrlich (1981) "*Extincion: the causes and consequences of the disappearance of species*". Allí se dio relevancia a los impactos que tendría sobre los seres humanos la pérdida de biodiversidad y ecosistemas y la forma en que estos eran sustituibles o no, desde una perspectiva netamente conservacionista (Danley & Widmark, 2016).

En concordancia con los biólogos de la conservación, tanto los economistas ecológicos como los ambientales, encontraron en el concepto de *servicio ecosistémico* una metáfora interesante para demostrar nuestra relación con el mundo natural. Desde la perspectiva de la sustentabilidad, dentro de la economía ecológica, fue importante para comunicar la incompatibilidad del crecimiento económico ilimitado, con un capital natural (stock) finito, que permitía generar del mismo modo, beneficios finitos a las personas (Costanza & Daly, 1992). La idea de un modelo de provisión desde los ecosistemas hacia las sociedades, da un paso rápido desde la metáfora hacia su materialización en la evaluación científica de los cambios en los ecosistemas, reduciendo la relación entre los hombres y el ambiente a un modelo de flujos y fondos (*stock- flow*) (Norgaard, 2010).

Cerca de una década después, la iniciativa de Naciones Unidas, Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), con la participación de más de 1.300 científicos a nivel mundial, logra posicionar el discurso de la importancia de los ecosistemas en el ámbito científico (para alcanzar objetivos políticos) y genera un aumento exponencial en el número de profesionales y publicaciones académicas relacionadas con los SE. Sin embargo, la definición del concepto de *servicios ecosistémicos* dada por la MEA (2005) es una de las más amplias y menos precisas que se han manejado: “son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”. Podría decirse que es una definición apropiada para ser manejada en escenarios públicos o políticos, pero no refleja la complejidad real que ha suscitado definir el concepto (Danley & Widmark, 2016).

Tal como lo plantean Danley y Widmark (2016), hay tres componentes dentro del concepto de *servicios ecosistémicos* que se manejan desde distintos enfoques en las múltiples definiciones que se han propuesto, y que se encuentran interrelacionados entre sí. Estos componentes se refieren a la estructura de los ecosistemas (componentes físicos), a la función de los ecosistemas (procesos en lo que esos componentes tienen interacciones) y a los beneficios generados (contribución resultante de los ecosistemas al bienestar humano). Las distintas definiciones dan una mayor o menor preponderancia a cada uno de ellos al momento de referirse a los servicios de los ecosistemas.

Algunas de las definiciones más utilizadas, relacionan las aproximaciones ecológicas con las económicas y son soportadas precisamente desde las distintas disciplinas de las ciencias naturales y la economía ambiental. Daily (1997) se refiere a “las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, sostienen y permiten la vida humana”. En la misma línea, de Groot *et al.* (2002) ya no sólo se refieren a los procesos de los ecosistemas sino a la “capacidad de esos procesos y componentes naturales de proveer los bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente”. Desde esta última perspectiva, los SE son aquellos beneficios para una o varias personas que se derivan de la capacidad o potencial del ambiente para mantener esas funciones de provisión.

Posteriormente dos aproximaciones se proponen desde una mirada mucho más economicista del mundo natural. Con un énfasis mucho mayor en el concepto económico

de la producción, Wallace (2007) diferencia los procesos y funciones de la naturaleza (“bienes y servicios intermedios”), de los servicios ecosistémicos (“bienes y servicios finales”), estos últimos, en referencia únicamente a los beneficios directos que reciben las personas, de tal forma que “no se sobreestime la contribución del ambiente al bienestar” (Danley & Widmark, 2016). En el mismo sentido, Boyd y Banzhaf (2007) se centran únicamente en el “stock de capital natural” del que se derivan los servicios para el bienestar humano. Es decir que se toman sólo los bienes naturales y sus características, como predictores o como base de los beneficios que los seres humanos recibimos de la naturaleza. Son estos los bienes que deben ser valorados al momento de caracterizar un SE, y no se consideran importantes los procesos intermedios que se dan en los ecosistemas para obtener los beneficios finales.

Las definiciones presentadas hasta el momento, desde una perspectiva económica, tienden a reducir sustancialmente los SE frente a la metáfora inicial que se presentaba como algo mucho más complejo, pero poco puntual y práctico. El entusiasmo por incluir dentro de la economía los SE como si fueran el principal lenguaje del mundo natural, nos hizo olvidar de la pregunta central sobre ¿cómo reducir significativamente nuestra presión sobre los ecosistemas? y perder de vista el amplio espectro de análisis ecológicos que desbordan el modelo *stock-flow* ahora dominante. Pero por encima de todo, desvinculó la metáfora de los SE del crecimiento económico como raíz de la transformación irreversible y preocupante del mundo natural (Norgaard, 2010). Los SE y su amplio uso en la actualidad, no son más que el resultado del devenir histórico de la concepción de los ecosistemas para la teoría económica, desde las corrientes fisiocráticas hasta las neoclásicas (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010).

Es bajo esta lógica precisamente, que se publica el informe TEEB (PNUMA, 2010) sobre “La economía de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos”, el cual brinda las bases conceptuales para la valoración económica, calcula el valor de algunos servicios a nivel global y presenta las herramientas económicas necesarias para ese propósito. A partir de ahí, la monetización de los beneficios recibidos de los ecosistemas, pasa a ser una parte central en la demostración científica de la importancia de elementos ecológicos en la vida humana y por tanto, de la toma de decisiones “objetivas” frente al manejo y uso de los territorios.

La capacidad del ambiente o la forma en que los procesos naturales generan beneficios para los seres humanos, no es en primer lugar, algo que se pueda restringir a los ecosistemas naturales. Los ecosistemas con distintos grados de transformación empiezan a hacer parte de la definición y en concordancia se pone de manifiesto que la calidad, el uso y en general, las decisiones de los seres humanos sobre esos ecosistemas, alteran en gran medida la provisión de ciertos servicios ecosistémicos. De acuerdo a la Clasificación Común Internacional de los Servicios Ecosistémicos (CICES, 2013) v 4.3, una de las definiciones conceptuales más representativas, los SE son “salidas (*outputs*) de los ecosistemas (sean naturales, seminaturales o altamente modificados) que afectan más directamente el bienestar de las personas”. La principal característica de estos servicios es que mantienen una relación con las funciones, procesos y estructuras (atributos de la biodiversidad) de los ecosistemas que permiten que se generen. Por su parte, los *bienes y beneficios ecosistémicos*, son desde esta visión las cosas que las personas crean o derivan (productos o experiencias) de los servicios ecosistémicos finales y que no tienen relación directa con el sistema ecológico de procedencia.

Desde la economía ecológica se propone una definición más integral, desde la que los *servicios ecosistémicos* se acaparan con la noción de “servicios- fondo” propuesta por Georgescu- Roegen (1971). Como ejemplo de este tipo de servicios, los servicios ecosistémicos constituirían un “tipo particular de corriente o flujo generado por una configuración específica de recursos” (Farley & Costanza, 2010). Desde esta perspectiva se hace una clara distinción entre el flujo de materiales (bienes) provenientes de la naturaleza que se transforman a través de un modelo productivo en las sociedades y regresan a ella en forma de energía disipada, y el flujo específico de servicios- fondo (servicios). Las características esenciales de los servicios ecosistémicos, desde esta mirada, es que se proveen a cierta tasa preestablecida en el tiempo (no puede ser modificada por la acción humana), constituyen cambios cualitativos de los ecosistemas y no modificaciones físicas cuantificables, no se pueden almacenar y, por tanto, responden a modelos diferentes a los correspondientes para los *bienes* ecosistémicos.

En relación a la clasificación estándar utilizada para los servicios ecosistémicos (MEA, 2005), el concepto mencionado anteriormente se encuentra explícitamente relacionado

con los servicios de soporte, de regulación y culturales. Por su parte, respecto a los servicios de provisión, Farley y Costanza (2010) se refieren a “la capacidad de la estructura del ecosistema para reproducirse por sí misma, más allá de la provisión tangible y cuantificable de comida, fibras, combustible y agua”. Desde esta mirada, la importancia de los servicios ecosistémicos radica en sus características físicas, por encima de los valores explícitos que les asignen los seres humanos. El hecho, además, de que los servicios- fondo sean una configuración particular de los recursos ecosistémicos, hace que se puedan entender como propiedades emergentes de los sistemas complejos que no corresponden ni son sustituibles por los bienes discretos de los que se componen los ecosistemas (Farley & Costanza, 2010).

1.2 Referentes teóricos en el estudio de la polinización como servicio ecosistémico

La polinización es una función ecosistémica que a través de la interacción mutualista entre comunidades de plantas y de animales (transporte de gametos masculinos de las plantas), permite la reproducción de las primeras, y soporta los requerimientos alimenticios (y reproductivos, en algunos casos) de los segundos. El papel de los polinizadores está relacionado, de este modo, con la reproducción de plantas silvestres y en general el mantenimiento de la estructura y función de los ecosistemas a través de la provisión de alimentos para herbívoros, frugívoros, consumidores de semillas, entre otros. Cerca del 90% de las plantas silvestres con flor, dependen en alguna medida de la transferencia de polen por agentes animales (IPBES, 2016). Así, facilita la productividad primaria y mantiene la cobertura vegetal que presta otros servicios derivados, incluyendo la provisión de fibras, forrajes o madera, la prevención de inundaciones y erosión, control climático, regulación hídrica, fijación de nitrógeno y secuestro de carbono, entre otros (Kremen *et al.*, 2007).

De acuerdo a la clasificación de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), la polinización es un servicio tanto de tipo *regulador* como *de soporte*. Aunque ambas clasificaciones tienen relación con la interacción entre las plantas y los agentes polinizadores (murciélagos, mariposas, aves, reptiles), dentro de los cuales las abejas son los principales (ICPA, 2016), la conservación de cada uno de ellos, implica marcos

de análisis diferentes. Dada su estrecha y clara relación con el bienestar humano, el servicio regulador de polinización dentro de la producción global de alimentos ha sido uno de los más estudiados y valorados.

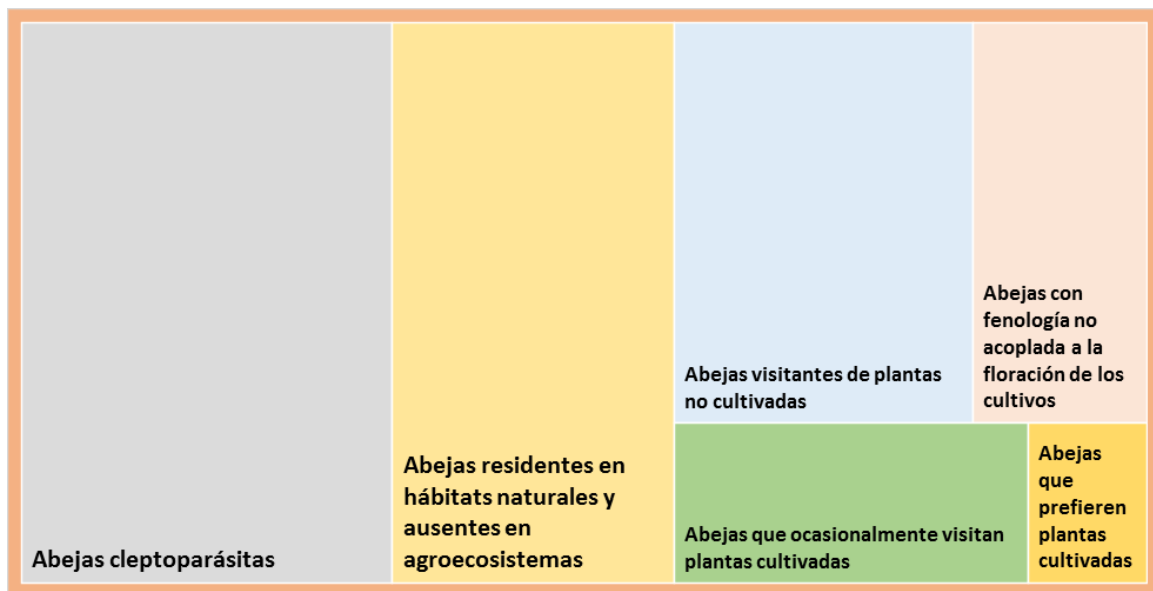
La producción del 35% de las plantas cultivadas en el mundo depende de la polinización animal y el 60% no requiere de dicho servicio, dado que son en su mayoría cereales polinizados por la acción del viento. En el 20% de la producción de alimentos, el papel de la polinización animal, mejora la producción de frutas y vegetales, y en el 15%, la producción de semillas (IPBES, 2016, Klein *et al.*, 2007). Pese a que la mayoría de plantas cultivadas no dependen del SE, aquellas que lo hacen cumplen un papel esencial en la nutrición de los seres humanos. Se ha estimado que, en ausencia de polinizadores, entre 0% y 56% de la población mundial llegaría a estar en riesgo de malnutrición, dependiendo de la composición local de las dietas (Ellis *et al.*, 2015). Además, en los últimos 50 años, se ha estimado un aumento de la dependencia de los cultivos a los polinizadores de 50% en países desarrollados y 62% en países en vía de desarrollo (Aizen *et al.*, 2009).

Pese a la gran importancia que tienen los polinizadores para la alimentación mundial, el 80% de las visitas que reciben muchos cultivos en el mundo, se produce por apenas el 2% de las especies de abejas que existen. Del 44% de abejas que se estima que se encuentran en peligro a nivel global, sólo provienen el 0,3% de las visitas observadas en cultivos (Kleijn *et al.*, 2015). En este sentido, el SE de polinización como regulador de la producción de alimentos, está relacionado con apenas una pequeña porción de lo que en realidad es la diversidad de polinizadores en el mundo, responsables del *soporte* de los ecosistemas.

Adicionalmente, las plantas cultivadas constituyen una pequeña porción del total de diversidad de plantas en el mundo y los polinizadores dependen en mayor medida de las plantas presentes en los hábitats semi- naturales (altamente diversos) que en los agroecosistemas (homogéneos) (Senapathi *et al.*, 2015). De la amplia diversidad de abejas con múltiples preferencias de alimento y hábitat, sólo una pequeña proporción prefiere efectivamente las especies de plantas cultivadas y permanece en ecosistemas altamente transformados (Figura 1-1). Por ende, se ha planteado que las acciones

enfocadas únicamente a la conservación de abejas polinizadoras de cultivos (las más comunes), pueden ser insuficientes (e incluso contraproducentes) para la protección de la mayoría de especies en peligro (Kleijn *et al.*, 2015).

Figura 1-1: Distribución proporcional del total de especies de abejas en el mundo, de acuerdo a sus preferencias alimenticias y de hábitat.



Fuente: Elaboración propia a partir de Senapathi *et al.*, 2015.

El creciente interés demostrado en los últimos años frente al SE de polinización a nivel mundial, responde a la denominada “crisis de los polinizadores” que se ha documentado en múltiples investigaciones. Ésta, tiene que ver con la disminución de poblaciones de algunas especies para las que se tienen registros multitemporales. Específicamente la mayoría de estudios se han centrado en la pérdida de colonias de *A. mellifera*, la abeja de la miel, manejada especialmente en Europa (Potts *et al.*, 2010) y Estados Unidos, donde se ha observado un aumento en las colonias desaparecidas, aparentemente por la falta de alimento y algunas otras condiciones de manejo (vanEngelsdorp *et al.*, 2009).

Este fenómeno está relacionado con el denominado Síndrome de Desaparición (o colapso) de las Colonias (CCD), registrado en Estados Unidos desde finales del año 2006, caracterizado por la pérdida súbita de abejas obreras adultas sin aparente causa directa. Entre los factores que lo producen se han propuesto la proliferación de

patógenos, en combinación con otros factores de estrés tales como el uso de plaguicidas (VanEngelsdorp *et al.*, 2010).

Aunque hay una gran asimetría de información entre los efectos de diversos factores ambientales sobre la abeja común *A. mellifera* y sobre las abejas silvestres, se piensa que las principales causas de disminución de sus poblaciones son compartidas (Goulson *et al.*, 2015). Entre estas están los cambios en el uso de la tierra (pérdida y fragmentación de hábitat y disminución de la diversidad de recursos), el uso de agroquímicos, la incidencia de patógenos, la introducción de especies, el cambio climático y la interacción entre ellas (Potts *et al.*, 2010). Todas están relacionadas en distinta medida con la acción antrópica; sin embargo, la pérdida de hábitat, el uso de agroquímicos y la monotonía de las dietas ocasionada por la pérdida de diversidad floral, son variables sobre las cuales la agricultura ha tenido una influencia directa.

En este sentido, el SE de polinización en cultivos (y en ecosistemas menos transformados) responde a la interacción entre plantas y polinizadores en redes asimétricas y altamente anidadas, mediadas por diversos factores biofísicos y ecológicos (IPBES, 2016). Por un lado, la polinización hace parte de aquellos SE basados en agentes móviles (MABES) junto con otros como el control de plagas y la dispersión de semillas; lo que implica que la fragmentación y degradación de hábitats, y en general los cambios en el uso del suelo a escala de paisaje, son variables esenciales en su mantenimiento (Kremen *et al.*, 2007).

Por otro lado, los tamaños de las poblaciones de abejas, que finalmente se consideran el rasgo que puede determinar el grado de su interacción con algunos grupos de plantas, dependen de factores específicos relacionados con los rasgos de historia de vida de cada especie. En general, estos factores se relacionan con la abundancia y disponibilidad temporal de recursos alimenticios (florales), la disponibilidad de sitios (y recursos materiales) para nidificar y la capacidad de respuesta frente a riesgos incidentales (Roulston & Goodell, 2011). Estos autores proponen como factores indirectos de estructuración de las poblaciones de abejas, la introducción de especies, la complejidad del hábitat y el manejo del mismo. Estos serían los puntos clave a tener en cuenta en posibles estrategias de protección y mejor manejo de polinizadores silvestres.

1.3 Los esquemas de pago por servicios ambientales (PSA)

1.3.1 Conceptualización teórica de los PSA

Los mecanismos de pagos por servicios ambientales (PSA) surgen como instrumentos de conservación basados en el mercado, a raíz del interés que suscita especialmente durante la última década la asignación de valor económico a las funciones de la naturaleza (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010).

El término “pagos” (P) en este tipo de mecanismos, fue propuesto inicialmente por Wunder (2005), haciendo la salvedad posterior (Wunder, 2015) en respuesta a las críticas recibidas, de que es un concepto lo suficientemente amplio y neutral como para integrar un extenso espectro de posibilidades de “valor transferido” (monetario o en especie, desde o hacia un ente del gobierno, en un mercado o en una transacción entre dos partes).

Sin embargo, son distintos los términos que han sido utilizados en referencia al “pago” dentro de estos esquemas. Puede referirse a una *inversión* (co-inversión) cuando se trata como un desembolso de capital para la creación de activos, en espera de retornos futuros; un *incentivo* cuando está funcionalmente ligado al cambio de comportamiento hacia uno positivo para la protección de un servicio ecosistémico; una *compensación* con connotación de reembolso para solventar un daño generado y/o una *recompensa* que es similar a la noción de incentivo pero adquiere un mayor énfasis en el reforzamiento de un buen comportamiento que ya venía siendo implementado (Wunder, 2015).

Los economistas ambientales, adoptan lo planteado por Ronald Coase (1960) sobre el problema del coste social. El teorema de Coase propone que las *externalidades negativas* o aquellos impactos originados por el mal manejo de los recursos públicos, serían solucionados voluntariamente entre las partes afectadas si el aumento en el valor de la producción de cada uno fuera mayor a los costes de la transacción por alcanzarla. La externalidad, desde el planteamiento de Coase, no es generada por un mal comportamiento del “agente contaminante” (al que habría que castigar), sino que es un problema recíproco entre dos partes de la sociedad. En respuesta a la visión pigouviana (Pigou, 1920), el gobierno no debe ser la fuerza correctiva de las fallas de mercado, sino

las negociaciones privadas, siempre y cuando los derechos de propiedad se encuentren bien definidos.

A partir de lo anterior, se proponen los PSA como una aplicación del teorema de Coase en donde el pago puede funcionar como un *subsidio* a los proveedores del SE y un *impuesto* a los usuarios del mismo (Wunder, 2005). Desde este autor, cuya propuesta es una de los principales referentes para el análisis de los PSA, estos esquemas deben cumplir algunas características principales: son transacciones voluntarias donde un servicio ecosistémico bien definido (o un uso del suelo que asegure el mantenimiento de ese servicio) es adquirido por mínimo un beneficiario, y ofertado por mínimo un proveedor, siempre y cuando el proveedor asegure la efectiva provisión del servicio. Para Wunder (2005), los “vendedores” y “compradores” del SE pueden ser de múltiples naturalezas. Los *vendedores* por su parte, desde propietarios privados hasta el mismo Estado cuando éste tiene titularidad de áreas; y los *compradores*, desde usuarios directos hasta organizaciones internacionales, ONG o agencias de gobierno. Sin embargo, el caso más cercano a una aplicación pura de la teoría Coasiana se daría entre propietarios y usuarios privados del SE (Engel *et al.*, 2008). En análisis posteriores se ha demostrado que este tipo de esquema casi nunca puede ser implementado completamente en la práctica (Muradian *et al.*, 2010).

En contraste con los PSA propuestos por la economía ambiental, enmarcados en el principal principio de la *eficiencia* del mercado, la economía ecológica ha buscado plantear los esquemas de PSA desde los principios de la sostenibilidad ecológica y la distribución justa (Tacconi, 2012). Desde esta última rama de la economía, los PSA se han definido como una “transferencia de recursos entre actores sociales, cuyo objetivo es crear incentivos para alinear las decisiones de uso del suelo individuales y/o colectivas, con el interés social en el manejo de los recursos naturales” (Muradian *et al.*, 2010).

Las perspectivas de la economía ambiental y ecológica difieren en algunas características puntuales de la definición original de los esquemas de PSA (Wunder, 2005). Para la economía ambiental, en primer lugar, la *condicionalidad* (el pago sólo se efectúa una vez la provisión del SE se ha asegurado) es un factor determinante y el único *sin equa non* dentro de cualquier definición de un esquema de PSA (Wunder, 2015). La

provisión efectiva del SE constituye la base de la negociación Coaseana, por lo que la medición precisa del cambio de la externalidad en el tiempo, garantiza los resultados de la negociación. Algunos autores de la economía ecológica (Farley & Costanza, 2010; Norgaard, 2010) por su parte, han puesto el énfasis al respecto en las características físicas del SE, mas no en el valor monetario asignado por los seres humanos (forma común de medir una externalidad).

La economía ecológica, entonces, pone de manifiesto el hecho de que la medición precisa de los SE es utópica. Por el contrario, siempre habrá un grado de incertidumbre teniendo en cuenta la cantidad de factores e interacciones que influyen en las propiedades de los ecosistemas (Kosoy & Corbera, 2010) y que los análisis que aplican para un sistema en particular, no son fácilmente transferidos a otro, por lo que la medición de la provisión de SE se convierte en un ejercicio específico para cada caso (Norgaard, 2010). Por otro lado, se ha dicho que la condicionalidad estricta en los pagos (propuesta por la economía ambiental) implica costos de transacción muy altos y, más importante que eso, puede desplazar las motivaciones intrínsecas de las personas por la conservación (Vatn, 2010). De este modo, la mayoría de esquemas de PSA funcionan más por *reciprocidad* (motivación intrínseca a responder adecuadamente frente a un pago justo) que por condicionalidad (Farley & Costanza, 2010).

La perspectiva de la economía ecológica da una relevancia mayor a la condición de *adicionalidad* (efecto diferencial generado por el pago realizado frente a la situación de línea base del SE) de los PSA. Desde esta mirada, es muy importante tener en cuenta los casos en los que el incentivo económico no es el factor primario que determina las prácticas de uso del suelo, y el mejoramiento de éstas se llevaría a cabo aún sin establecer ningún tipo de esquema de PSA (Muradian *et al.*, 2010). La adicionalidad es una condición que puede considerarse para todo un esquema de PSA en conjunto, y no necesariamente para cada proveedor individual del SE (Tacconi, 2012).

Finalmente, uno de los principales puntos de desencuentro entre las miradas de la economía ambiental y ecológica a los PSA, es la dualidad entre esquemas equitativos o justos y esquemas eficientes, desde un punto de vista económico. En primer lugar, se ha establecido de manera enfática que, aunque los esquemas de PSA son más atractivos desde el punto de vista político cuando se tratan como soluciones *win- win* que mejoran

la calidad de los ecosistemas y a la vez reducen la pobreza (Muradian *et al.*, 2010), la realidad es que su objetivo está enfocado únicamente al primero de estos puntos (Engel *et al.*, 2008). Se ha planteado, además, a favor de la *eficiencia*, que un PSA donde los recursos se distribuyen de la manera más eficiente, permite beneficiar también a la mayor cantidad de personas proveedoras del SE; mientras que en un esquema costo-ineficiente, podría pagarse más a algunos individuos, pero menos proveedores accederían al beneficio (Tacconi, 2012).

El impacto de los esquemas de PSA en la pobreza, no ha sido un tema que presente la suficiente evidencia empírica, desde los casos particulares (Engel *et al.*, 2008). Pero se ha observado que sólo cerca del 16% de los proyectos inscritos en el Banco Mundial con objetivos de conservación (en general), han logrado tener avances significativos en la provisión de bienestar económico (y social) para las comunidades (Tallis *et al.*, 2008).

La discusión sobre la definición apropiada para los esquemas de PSA, es sintetizada de manera interesante por Wunder (2015) al recopilar las principales críticas recibidas por su propuesta inicial sobre los PSA (Wunder, 2005) y hacer un análisis desde la filosofía de la ciencia al respecto. Para él, la *vaguedad* o amplitud de una definición es deseable para el avance de la ciencia, especialmente en aplicaciones recientes, como los PSA, que se mueven en el ámbito de la interdisciplinariedad y “están en el camino hacia alcanzar niveles de mayor madurez”. Propone que su definición puede constituir un “tipo ideal” de PSA, frente al cuál todas las aplicaciones pueden presentar sus particularidades con distintos grados de desviación frente a la definición promedio.

Finalmente, Wunder (2015) modifica recientemente su definición original sobre los esquemas de PSA, dando respuesta a algunas de las réplicas recibidas, especialmente desde la escuela de la economía ecológica. Un cambio esencial, reclamado por numerosos investigadores, fue el de los términos “compradores” y “vendedores” (con connotación extremadamente mercantil) del SE por *usuarios* y *proveedores*. Estos términos han sido los más utilizados en la contextualización de los esquemas de PSA, y con la propuesta modificada de Wunder (2015) adquieren una mayor legitimidad. Además de esto, la acción relacionada con el pago cambia de la “provisión del SE” al cumplimiento de unas reglas de manejo de los recursos naturales, acordadas. Por último,

sobre la principal característica del SE se deja de hablar de un “SE bien definido” para darle mayor relevancia al lugar de provisión del SE “*offsite*”.

Tabla 1-1: Principales definiciones de los esquemas de PSA, desde diferentes perspectivas teóricas.

Definiciones afines a la economía ambiental

Referencia	Definición
Wunder, 2005	Transacción voluntaria en la que un SE bien definido (o un uso del suelo que pueda asegurar el SE) es comprado por al menos un comprador, de al menos un proveedor, sí y sólo sí se asegura la provisión del SE (condicionalidad).
Sommerville et al., 2009	Aproximación que busca transferir incentivos positivos para los proveedores de servicios ambientales, que son condicionales a la provisión de ese servicio. El éxito en la implementación se basa en la consideración de la adicionalidad del SE y la variación de los contextos institucionales.
Tacconi, 2012	Es un sistema transparente para la provisión adicional de servicios ambientales a través de pagos condicionales a proveedores voluntarios.
Porras et al., 2012	Transacción en la que un proveedor o vendedor de un SE, responde a la oferta de compensación de uno o múltiples beneficiarios (ONG, instituciones privadas, entidades del gobierno local o central) [...] la compensación es condicional respecto a las prácticas de manejo del suelo especificadas por el programa, y el componente voluntario sólo se refiere al lado del proveedor del SE, dado que su voluntariedad entre en el contrato.
Wunder, 2015	Transacción voluntaria entre usuarios y proveedores de un servicio, condicionada por unas reglas acordadas de manejo de los recursos naturales, para generar servicios en sitios diferentes al de la provisión.

Definición afín a la economía ecológica

Muradian et al., 2010	Transferencia de recursos entre actores sociales, con el objetivo de crear incentivos para alinear las decisiones individuales y colectivas de uso de la tierra, con el interés social en el manejo de los recursos naturales.
-----------------------	--

Desde el problema de los costos de transacción y la asimetría de información en la toma de decisiones, hasta el ideal de redistribución equitativa y justa de los costos y las responsabilidades ambientales, los PSA se han posicionado como paradigma emergente de las estrategias de conservación en la actualidad.

1.3.2 Marco legal de los PSA en Colombia

En Colombia, la historia jurídica de los mecanismos de PSA puede tener sus inicios incluso a partir del Código de los Recursos Naturales (decreto ley 2811/1974) en donde se crean como medidas de administración y conservación de estos recursos, las *tasas retributivas* y compensatorias (artículo 18°). Aunque esta medida se basa en el principio de “quien contamina paga”, se hace la salvedad en el decreto de que dichas tasas también podrán ser fijadas para compensar los gastos de mantenimiento de la renovabilidad de los recursos, siendo su objetivo último, similar al de algunos modelos actuales de PSA. Además, se estipula que el Gobierno Nacional sería el encargado de calcular e individualizar los costos de prevención, corrección o eliminación de los efectos nocivos causados al ambiente (artículo 19°), a modo de intermediario en la transacción.

Posteriormente en la Ley 99/1993 se incorporan estos instrumentos económicos (artículo 42°), junto con las tasas por utilización de aguas (artículo 43°). Las últimas, por su parte, tienen también una similitud con los PSA, en cuanto no se cobran por el uso como sumidero de contaminantes sino por la captación del agua para actividades industriales y agropecuarias, con el objetivo de proteger y renovar los recursos hídricos de la cuenca. Esta similitud se da en términos del objetivo (de conservación) de los instrumentos y de la aplicación de un pago a ciertas actividades contaminantes que se benefician del servicio de provisión del agua.

Adicionalmente, las Autoridades Ambientales en Colombia, reciben unas transferencias por parte de hidroeléctricas de alta potencia y termoeléctricas (artículo 45°), recursos que deben destinarse a la protección de la cuenca hidrográfica de influencia del proyecto eléctrico. Los instrumentos económicos mencionados hasta aquí, podrían entenderse como “subsidios a la conservación” y/o “tasas a la contaminación”, conceptos que en su momento asimilaron Engel *et al.* (2008) a los PSA. Sin embargo, en ninguno de ellos se habla, por un lado, de servicios ecosistémicos, sino de recursos naturales. Y, además, no se hace explícito el papel de los “proveedores” directos de dichos recursos, sino que se adjudica la responsabilidad de conservar a las entidades estatales.

Uno de los instrumentos de política que posiblemente más se ha asemejado a los PSA en Colombia, es el certificado de incentivo forestal (por conservación o restauración). Este se decreta con la ley 139/1994 y es reglamentado en los decretos 1824/1994 y 900/1997. Su principal objetivo es dar un reconocimiento por los costos directos e indirectos en que incurre un propietario por conservar en su predio ecosistemas naturales boscosos poco o nada intervenidos. La ley dictamina en cuáles bosques es factible otorgar este certificado, de acuerdo al grado de conservación del bosque, integridad ecológica, ubicación (dentro o fuera del Sistema de Parques Nacionales Naturales, parte o no de cuencas hidrográficas que surtan acueductos) y el tamaño del predio. El pago, calculado sobre un monto básico estipulado anualmente hasta por 10 años, sería mayor para quienes posean bosques primarios por encima de los 2.500 m.s.n.m y en predios pequeños.

Pese a que el certificado de incentivo forestal puede considerarse como modelo base para lograr casos de PSA exitosos en el país, algunos puntos han sido identificados como problemas al momento de contextualizarlos en el campo de los PSA. En primer lugar, aunque se celebra un contrato entre el beneficiario y la autoridad ambiental, no corresponde a un acuerdo sino a un *cobro* voluntario por propietarios individuales. Esto implica que el impacto del programa a nivel de cuenca u otra unidad ambiental puede no garantizarse, sobretodo, cuando no se encuentra definido claramente ningún SE objeto de la conservación y no se priorizan zonas de especial importancia en función precisamente de ese SE. Adicionalmente, desde el punto de vista de los PSA sería un sistema ineficiente por el hecho de que los pagos calculados son menores a los costos de oportunidad de la mayoría de cultivos y se generan pagos mucho más altos a predios pequeños con menor impacto ambiental (Blanco, 2005).

El decreto 2448/2012, que modifica parcialmente el decreto 1824/1994, reduce los objetivos de conservación del CIF a su énfasis forestal, estableciendo que su fin es únicamente promover la realización de inversiones directas en nuevas plantaciones forestales con fines comerciales. FINAGRO, por su parte, es la entidad encargada de la administración de los recursos y el operador efectivo desde el año 2012. A partir de ese momento, de acuerdo a cifras presentadas por FINAGRO (finagro.com) se han firmado 688 actos administrativos de adjudicación del CIF en 20 departamentos y 177 municipios, de los cuales 593 se encuentran vigentes. El 94% de los pagos por CIF se han invertido

en establecimientos forestales nuevos. La verificación técnica y el seguimiento de las plantaciones forestales con base en los compromisos adquiridos en el acuerdo, está a cargo de la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), quien brinda la documentación necesaria para el desembolso, a FINAGRO.

Adicionalmente, Blanco (2005) presenta también como una aplicación semejante a los PSA, y con elementos interesantes de análisis, al Programa de Familias Guardabosques, con cobertura a 2006 en 14 departamentos y 36 municipios. El objetivo esencial del programa fue promover la erradicación y sustitución por alternativas productivas legales a los cultivos ilícitos en Colombia. En este sentido, se establece un pago por un período de 3 años (acompañado de asistencia técnica) a partir de la celebración de un contrato con familias campesinas, indígenas o afro con miras a brindar lo necesario para la transformación productiva hacia la legalidad. En este caso, el pago no es condicional a la provisión de un SE, sino a la no resiembra de cultivos ilícitos, caso que ha sido la principal causa de suspensión de los contratos celebrados.

Por su parte, los PSA de manera explícita se enuncian en el artículo 210 de la Ley 1450/2011, que modifica el artículo 111 de la Ley 99/1993. Allí se dispone que las áreas que surten de agua a los acueductos municipales, distritales y regionales, se declaren de interés público y de importancia estratégica para la conservación. Los departamentos y municipios deben dedicar no menos del 1% de sus ingresos a la adquisición y mantenimiento de esas zonas o a la financiación de esquemas de PSA. Posteriormente el decreto 953/2013 reglamenta estas disposiciones específicamente para el pago por servicios ambientales asociados al recurso hídrico. Estos se definen como “incentivos, en dinero o en especie, que las entidades territoriales podrán reconocer contractualmente a los propietarios y poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica, en forma transitoria, por un uso del suelo que permita la conservación y recuperación de los ecosistemas naturales y en consecuencia la provisión y/o mejoramiento de los servicios ambientales asociados al recurso hídrico”.

De manera complementaria, ya desde el Plan Nacional de Desarrollo 2006- 2010 “Estado comunitario: desarrollo para todos”, surge la Estrategia Nacional de Pago por Servicios Ambientales (2008), como una iniciativa del gobierno nacional que finalmente no se lanza

oficialmente, y se incluyen y promueven estos instrumentos en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (2010) y en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) (2012). En estas políticas se impulsa la reglamentación legal de los PSA y una mayor profundidad en el estudio de estos esquemas. Posteriormente se presenta la primera Guía Metodológica para el Diseño e Implementación del Incentivo Económico de PSA (MADS, 2012) donde se establecen una serie de herramientas metodológicas disponibles para la implementación de estos esquemas en el caso específico de los SE de regulación hídrica y control de la sedimentación.

Recientemente se expide el decreto 870 de 2017 por el cual se establece el Pago por Servicios Ambientales y otros incentivos económicos a la conservación en Colombia. Este decreto se enmarca en la serie de herramientas jurídicas que buscan reglamentar la implementación del acuerdo final para la paz firmado en noviembre de 2016. En el marco de este decreto ley, los PSA constituyen “un reconocimiento económico inmediato de carácter voluntario por las acciones que permitan el mantenimiento y generación de servicios ambientales, realizadas en áreas y ecosistemas ambientalmente estratégicos con presencia de cultivos de uso ilícito, conflictos por usos del suelo, entre otros, constituyéndose en áreas de especial importancia para la construcción de una paz estable y duradera”. En este sentido, la ley busca aportar especialmente a garantizar la implementación de los puntos 1 (Reforma Rural Integral) y 4 (Sustitución de Cultivos Ilícitos) del acuerdo final.

De manera complementaria, actualmente se encuentra en trámite de oficialización el documento de política CONPES para PSA en Colombia, por parte del Departamento Nacional de Planeación, en respuesta a lo estipulado en el artículo 174 de la Ley 1753/2015 que reglamenta el Plan Nacional de Desarrollo 2014- 2018 “Todos por un nuevo país”. En este artículo se decreta la adquisición por la Nación de áreas de especial interés estratégico a nivel municipal, la implementación de esquemas de PSA y de otros incentivos económicos a la conservación. Se estipula que será creado y actualizado anualmente el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales, donde se incluyan las áreas destinadas a la conservación y los esquemas de PSA implementados en cada municipio, especialmente para la protección del recurso hídrico. Se proponen como fuentes de financiación de dichos incentivos, los recursos provenientes de los artículos

43 y 45 de la Ley 99/1993, las compensaciones por pérdida de biodiversidad en el proceso de licenciamiento ambiental y el Certificado de Incentivo Forestal.

Algunos de los casos más importantes de esquemas de PSA implementados en Colombia son la experiencia de Manejo Integrado de Sistemas Silvopastoriles del CIPAV (2001), la experiencia de la microcuenca de Chaina en Boyacá del IAvH (2005), el proyecto de Incentivos a la Conservación de Patrimonio Natural (2009) y actualmente el denominado BanCo2 de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare (Cornare) (2015). La protección de los SE de regulación hídrica, captura de carbono, y de la biodiversidad, han sido las líneas principales de acción de este tipo de esquemas en el país (MADS).

La consolidación del marco de política nacional de PSA mencionado presenta, por un lado, limitantes técnicas y conceptuales mencionadas en el acápite anterior, en referencia a la medición clara de los SE a proveer, a la complejidad en la definición de áreas, ecosistemas y agroecosistemas estratégicos para la implementación de estos programas y las metodologías de monitoreo y control de los mismos. Adicionalmente, requiere el fortalecimiento institucional y normativo, con miras a reglamentar la participación efectiva de los actores públicos para implementar los esquemas, solventar los problemas de inseguridad en la tenencia (y propiedad) de la tierra en Colombia, enfrentar la escasez de recursos económicos para solventar los altos costos administrativos de los PSA y respaldar la sostenibilidad financiera, jurídica y ecológica del instrumento a largo plazo.

1.3.3 Revisión de experiencias de valoración económica de la polinización y estrategias económicas para su conservación.

Valoración económica de la polinización.

La valoración de la polinización como SE, es un objetivo prioritario para establecer estrategias de conservación, pero las evaluaciones llevadas a cabo al respecto durante los últimos 20 años, arrojan valores que difieren en respuesta al método utilizado, la escala de análisis, los objetivos de la valoración, entre otros; esto ha hecho que dicha información no se haya materializado en la formulación de políticas de manejo efectivas

(Breeze *et al.*, 2016). Este abordaje ha utilizado esencialmente el enfoque dominante del cálculo de valor económico basado en las preferencias reveladas (a través de precios de mercado ya existentes) mediante el análisis de los precios de los alimentos dependientes de la polinización, las fibras, la miel, la cera, entre otros. Dicho enfoque se facilita debido al carácter intermedio del servicio de polinización en la provisión de otros servicios derivados, como los alimentos y materias primas, la belleza escénica o la biodiversidad (IPBES, 2016).

Los principales métodos utilizados, entonces, para asignar un valor económico a los cambios en las poblaciones de polinizadores, son aproximaciones a valores agregados o marginales de mercado (cambios en las ganancias agrícolas por hectárea y por año), entre los que se encuentran en primer lugar, los precios totales de la producción del cultivo en el mercado (suponiendo un estado inicial de máxima provisión del SE y un escenario de pérdida total de éste) y los precios totales de la compra de servicios de polinización manejada para mantener la producción de los cultivos. Por otro lado, se han estimado distintos tipos de funciones de producción donde se incluyen, desde los más simples a los más complejos, el rendimiento del cultivo asociado a la polinización, el precio de mercado ajustado a la dependencia particular del cultivo a este servicio, y la relación entre la polinización manejada, la polinización silvestre y otros factores que afectan la producción (IPBES, 2016).

Algunos autores han planteado propuestas metodológicas específicas para este SE, que buscan solucionar algunos impedimentos de los enfoques mencionados. Allsopp *et al.* (2008) por ejemplo, diferencian el valor del papel de los polinizadores manejados, del de los polinizadores silvestres a partir de los costos de sustitución. Éstos, representados básicamente en distintos métodos de polinización manual enfocados a remplazar el SE en los cultivos, bajo un escenario de pérdida de todos los polinizadores y uno de pérdida exclusiva de la polinización manejada. Un análisis similar, pero desde el enfoque de costos evitados, lo realizan Pereira Vieira *et al.* (2010) para medir el valor de la polinización por *Xylocopa* en cultivos de maracuyá en Brasil, donde se estimaron básicamente los costos por contratación de trabajadores para realizar polinización manual durante los tres años de duración del cultivo.

Estas aproximaciones no permiten relacionar el valor calculado con las características físicas del SE, sino con los posibles gastos en que tendría que incurrir un productor en el escenario de pérdida de los polinizadores, bajo una serie de supuestos. Desde un enfoque de toma de decisiones netamente económico, la posibilidad de que las aproximaciones basadas en los costos de sustitución del papel de los polinizadores, permitan optar por la conservación del SE, es remota. Por el contrario, la posibilidad de adquisición de un sustituto a la polinización puede generar menores gastos que la protección del conjunto de polinizadores efectivos de una región, frente a los que otro tipo de criterios pueden mediar la toma de decisiones.

Algunas variables biofísicas esenciales en la provisión del SE han sido introducidas en la propuesta de Winfree *et al.* (2011), en la que los autores combinan la función de producción del cultivo con los costos de sustitución, a través del método del ingreso neto atribuible. En este trabajo se considera que la alta confiabilidad del análisis económico resultante, está en detallar los rasgos ecológicos particulares de la especie cultivada, tales como la fenología floral, los requerimientos de polen por flor y el umbral máximo de frutas que es posible producir, aceptando una proporción natural de abortos, entre otros.

Los autores reconocen la polinización como uno de varios insumos dentro de la producción del cultivo, a los cuales también dan un peso importante; además, cuantifican exactamente el número de granos de polen depositados que darán como resultado la producción de frutos (polinización primaria) y excluyen el polen excedente (polinización residual). Finalmente, este método busca diferenciar el aporte de las distintas especies de polinizadores al cultivo y tiene en cuenta las posibles formas en que el productor puede ajustar las pérdidas percibidas (costos de una posibilidad real de sustitución de polinizadores, ahorro por disminución de rendimientos y pérdida de beneficios frente a cambios en el SE).

Si bien este puede considerarse como un método de alta precisión para la cuantificación de la polinización en cultivos, sigue siendo una forma de aislar esta función ecosistémica de la matriz donde se encuentra y donde realmente se están regulando las poblaciones de polinizadores nativos. Respecto al SE de polinización como *sopORTE*, por ejemplo, responsable de mantener la resiliencia de los ecosistemas (y agroecosistemas) a través

de la redundancia funcional que genera la biodiversidad, la cuantificación en términos económicos se considera insuficiente (Senapathi *et al.*, 2015).

Ricketts y Lonsdorf (2013), por ejemplo, desarrollan una metodología para mapear valores marginales de cambios simulados en la cobertura vegetal, frente al servicio de polinización provisto en cultivos de café en Costa Rica. Encuentran que las pérdidas marginales por deforestación, alcanzan un máximo de US\$700/Ha. Sin embargo, al tomar las decisiones a partir de las técnicas tradicionales de evaluación económica, se podría sugerir la expansión de los cultivos de café por encima de la generación de rendimientos adicionales por cuenta de la provisión de servicios de polinización al café por parte del bosque (beneficios que sólo serán percibidos después de varios años). Es allí donde la escala temporal y espacial de los ejercicios de valoración económica de la polinización, cobran un papel preponderante en los resultados que puedan ser aplicados en la toma efectiva de decisiones sobre el territorio (IPBES, 2016).

Por otro lado, los costos de reposición son un método sencillo que mide los gastos en los que incurriría el agricultor en el caso de perder los servicios de polinización en su cultivo. Son considerados como un método que poco depende del contexto por lo que puede ser fácilmente implementado en distintos sistemas. Sin embargo, es un método netamente ilustrativo, dado que se mide a partir de los costos por introducir abejas manejadas, cuyos efectos en muchos cultivos no son positivos e incluso pueden llegar a ser perjudiciales y cuyos costos de manejo no están relacionados con la efectividad del servicio (Hanley *et al.*, 2014).

La aproximación desde el excedente del consumidor, finalmente, es poco utilizada dada la relación mucho más evidente entre la producción de alimentos con la polinización, que las percepciones individuales. Sin embargo, algunos análisis de este tipo, se han centrado en determinar la disponibilidad a pagar por la implementación de medidas de protección de ciertas poblaciones de polinizadores como la mariposa monarca (Diffendorfer *et al.*, 2014) o los insectos relacionados con la producción local de alimentos y los beneficios estéticos de mantener buenos niveles de diversidad floral (Breeze *et al.*, 2015).

En una de las últimas revisiones publicadas sobre los estudios de valoración del servicio de polinización, se concluye que el principal objetivo que se ha alcanzado con la aplicación de múltiples estudios a distintas escalas en el mundo, es ilustrar la importancia de los polinizadores y las consecuencias económicas de su pérdida. Sin embargo, las inconsistencias en los datos y en las metodologías no permiten soportar de manera contundente la toma de decisiones a nivel político. Se recomienda hacer un énfasis mucho mayor en las implicaciones económicas de las pérdidas marginales de polinizadores en países en desarrollo (carentes de información), así como estandarizar las metodologías no solo de evaluación del SE en campo, sino de traducir dichas evaluaciones en medidas económicas y análisis claros de rendimientos para los productores (Breeze *et al.*, 2016).

Incentivos y/o pagos por el servicio de polinización.

Los programas de incentivos por conservación de la biodiversidad en agroecosistemas, dirigidos de manera directa a los agricultores, son diversos alrededor del mundo. En Estados Unidos, por ejemplo, se destacan distintos programas promovidos por el Departamento de Agricultura (USDA), con grados diferentes de adopción entre los productores de alimentos, que varían desde el aislamiento de áreas para su recuperación ecológica, hasta la implementación de manejos productivos sustentables (Lambert *et al.*, 2007). Los programas del gobierno de Australia, en los últimos 30 años, por su parte, se han enfocado más hacia la restauración de ecosistemas de cultivo que ha mantener la biodiversidad dentro de ellos, y han implementado esquemas de pago y nuevas instituciones a nivel local, sin la planeación suficiente respecto al monitoreo y evaluación de la efectividad de dichas medidas (Hajkowicz, 2009).

En la Unión Europea, por otro lado, los esquemas agroambientales (AES) cumplen un papel esencial y corresponden al mayor gasto por conservación en la región, donde predominan los ecosistemas transformados por actividades agropecuarias. Su objetivo es mitigar o revertir la pérdida de biodiversidad ocasionada por las prácticas de manejo agrícola. Los AES fueron concebidos inicialmente como compensaciones a los agricultores que tuvieran pérdidas de sus ganancias debido a un manejo responsable y poco intensivo de sus áreas de producción. El diseño particular de cada esquema, fue

dejado a consideración de cada uno de los estados miembro de la Unión Europea, y algunos países (Suiza y Noruega) fuera de esta organización, por lo que actualmente son altamente diversos (Batáry *et al.*, 2015). Sus objetivos han sido redefinidos en los últimos años con la meta de que sean esquemas más efectivos cada vez, y actualmente pueden asemejarse más a esquemas de pago por servicios ecosistémicos puntuales como la polinización o el control de plagas (Ekroos *et al.*, 2014).

Algunas recomendaciones que han quedado de cerca de 20 años de análisis de los esquemas agroambientales en Europa, resaltan la importancia de tener en cuenta la estructura y calidad ecológica del paisaje que rodea los cultivos para evaluar la efectividad del esquema. Por otro lado, sugieren que como herramienta de conservación, este tipo de esquemas son unos de los más costosos y complejos en su implementación, la cual ha sido posible en Europa gracias a la destinación de la mayoría de fondos para la conservación hacia los sistemas de cultivo (respecto al enfoque de inversión en áreas protegidas característico de otros países), de los cuales depende una gran proporción de especies únicas y en peligro (Batáry *et al.*, 2015).

Los pagos por servicios ambientales, por su parte, han sido implementados en el servicio de polinización en particular, como acuerdos de pago entre agricultores (especialmente a gran escala) y apicultores, en cultivos como manzanas, arándanos, almendras, girasoles, duraznos, entre otros, desde comienzos del siglo pasado en países del hemisferio norte (Morse & Calderone, 2000; Nash, 2009). Este pago por servicios de polinización (PPS, por sus siglas en inglés), como se le denomina recientemente en algunas de las asociaciones de apicultores que ofrecen el servicio, se garantiza mediante la instalación y el mantenimiento de colonias de *A. mellifera* en cajas racionales al interior de los cultivos, de acuerdo a su extensión y requerimientos específicos de polinización. A cambio, los apicultores se favorecen por el incremento en sus ingresos (Rucker *et al.*, 2012) y tienen la posibilidad de implementar una producción de miel con características especiales ligadas al cultivo donde se ubiquen las colmenas.

El éxito en la provisión de este tipo de servicio y la implementación de esquemas de PPS, depende de la preocupación e interés del agricultor por la polinización de su cultivo y de la capacidad de los apicultores o sus asociaciones, de transportar y mantener un alto número de colmenas, de acuerdo a su demanda. Algunas recomendaciones acerca

de los aspectos contractuales de estos acuerdos, brindadas por la Iniciativa Canadiense de Polinizadores (CANPOLIN, 2012) son, definir el período de uso de las colmenas en el cultivo (correspondiente al período de floración) y dar aviso oportuno al apicultor para el traslado de las mismas; fijar el monto a pagar por colmena, el número y la ubicación de éstas dentro del cultivo; bonos o penalidades que se cobrarán al apicultor en caso de que las colmenas no tengan la salud y fortaleza acordadas; compensaciones que deberá pagar el dueño del cultivo en caso de generar algún daño sobre las abejas, debido por ejemplo, a la aplicación de plaguicidas en el período de floración; entre otras.

La comercialización de servicios de polinización, se ha extendido en las últimas décadas, a algunas especies de abejorros nativos del hemisferio norte, tales como *Bombus terrestris* (originario de Eurasia) y *B. impatiens* (originario de Norte América) principalmente. El 95% de las ventas de abejorros en el mundo, se destinan a la polinización de cultivos de tomate bajo invernaderos, donde se utilizan cerca de 50 colonias de abejorros por hectárea. El aporte de la polinización por abejorros a estos cultivos, se estimó en € 12.000 millones al año (Velthuis & van Doorn, 2006). Frente a este nuevo mercado, sin embargo, algunas investigaciones han alertado a la comunidad científica sobre el posible riesgo que implica sobre las abejas nativas, la introducción de forrajeras con un alto éxito reproductivo, de mayor tamaño corporal y ventajas de comportamiento en la actividad de forrajeo (Ings *et al.*, 2006); pese al incremento comprobado en los rendimientos de los cultivos, las interacciones con la fauna nativa deben ser evaluadas con cuidado (Lye *et al.*, 2011). A pesar de esto, algunas pocas especies nativas de abejas solitarias utilizadas para polinización de alfalfa, almendras y manzanas de gran escala en Estados Unidos, Nueva Zelanda y Japón (Bohart, 1972), también son ampliamente distribuidas de manera comercial (Pitts-Singer & Cane, 2011).

La comercialización de colmenas tanto de *A. mellifera* como de *Bombus* spp., permite que los acuerdos de uso respondan a la mayoría de las características de los PSA, en sentido estricto, tales como una definición clara del SE (delimitado por el número de individuos de polinizadores dentro de la colmena); la voluntad de suscripción del acuerdo de ambas partes, dado que ambos reciben un beneficio establecido; una clara definición de los derechos de propiedad de ambas partes, pues independientemente de que el cultivo se encuentre en un terreno propio o arrendado, es el dueño del cultivo quien

recibe el SE y el dueño de la colmena, quien lo provee; y una condicionalidad en el pago mediada por el buen estado de las colmenas para brindar el SE, que puede ser evaluado mediante una inspección interna de las mismas.

Sin embargo, este tipo de esquema de pago por servicios de polinización, se basa en una sola especie de abeja, que en el caso de los cultivos donde es utilizada, tiene un papel preponderante como polinizadora o como suplemento positivo de la polinización natural. Por otro lado, la estacionalidad climática y la escala de producción de los cultivos donde estos servicios son adquiridos mediante PPS, permite definir claramente un período de tiempo en el que se brindará el SE (y uno en el que se puede dejar de proveer) y un número de colmenas a instalar por hectárea. En estos casos, la actividad de las abejas suple las necesidades del cultivo y no se extiende más allá debido a la homogeneidad de las áreas productivas y su gran extensión.

Debido a que muchas de las características anteriormente mencionadas no se ajustan a la realidad rural de muchas comunidades de Centro y Sur América, los esquemas de PSA por polinización no se dan de este modo, y de hecho se encuentran muy poco documentados en la región. Una de las principales aproximaciones al respecto, son algunos casos de PSA por protección de la biodiversidad que han favorecido poblaciones de polinizadores, aunque no estén dirigidos específicamente a ellas, o casos de PSA por conservación del recurso hídrico, en los que se han concertado pagos en especie con colmenas de abejas para la producción de miel en los ecosistemas de recarga hídrica, generando indirectamente servicios de polinización (Fundación Natura, 2004).

Algunos de los programas de política agroambiental en Colombia, que se han considerado exitosos en el mejoramiento de la calidad de los ecosistemas agrícolas, son por ejemplo, el Proyecto Chécua (1998- 2013) de impulso a la agricultura de conservación con base ecológica y orgánica, y el proyecto GEF de Alianza por la Biodiversidad en el Sector Cafetero (2010- 2015), que promovió los pagos por servicios ambientales para proteger la biodiversidad en ecosistemas cafeteros, a partir de productos certificados y no certificados en las fincas de café (FAO, 2014).

Los PSA por conservación de la biodiversidad, en general, son difíciles de implementar debido a la complejidad en el cálculo de valores asignados a ella, así como la

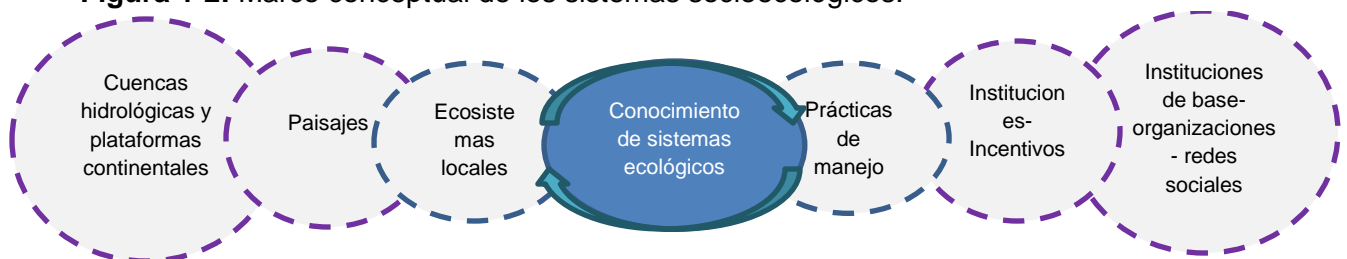
delimitación de la escala (global o local) a la que se provee el servicio y por ende la identificación de los beneficiarios (González & Riascos, 2007). Es así como su implementación se ha basado en valores estimados que se asignan a usos del suelo en particular, como una aproximación indirecta a los distintos grados de conservación que pueden alcanzarse (Murgueitio, 2009). De igual manera, se ha considerado que las estimaciones de valores económicos asociados a la biodiversidad, excluyen una serie de atributos de la misma, de técnicas de análisis desde la ecología y la biología y no parten de un objeto puntual de análisis en común que se asemeje al estado de la “biodiversidad” (Bartkowski *et al.*, 2015).

En este sentido, las experiencias de PSA exclusivamente para el SE de polinización en el país no se encuentran documentadas y se conocen de manera personal algunos casos de acuerdo entre agricultores y apicultores, únicamente enfocados a la polinización manejada (esquemas similares a los presentados anteriormente en el caso de USA y países europeos). La polinización silvestre es un SE para el que se han recomendado esquemas de PSA (Calle *et al.*, 2010; IPBES, 2016) pero para el que no se ha operativizado a nivel teórico ni práctico dicha propuesta. Esto se refleja además en la normatividad presentada previamente, donde el énfasis de PSA al que apuntan las entidades oficiales en Colombia, se basa en los SE de regulación hídrica, mitigación de las emisiones de cambio climático a través de programas para evitar la deforestación, y la conservación de la biodiversidad en general.

1.4 Los sistemas socioecológicos como marco general

Con base en la teoría general de sistemas, se configura la propuesta de sistemas socioecológicos como un concepto desde el cual es posible abordar las decisiones que los seres humanos tomamos en los territorios donde habitamos y que nos rodean (incluyendo aquellas decisiones dentro de los agroecosistemas que afectan a los polinizadores). Como sistemas adaptativos complejos interactuantes, los sistemas social y ecológico no pueden entenderse de manera separada. La relación inseparable entre estos sistemas se puede definir como los distintos modelos de gobernanza o las instituciones formales e informales que rigen la relación de las sociedades con los ecosistemas. De este modo, la adaptabilidad de los sistemas sociales a las condiciones cambiantes, no puede ser entendida sin reconocer los cambios generados durante esa constante transformación en los sistemas ecológicos, ni viceversa (Folke, 2006) (Figura 1-2).

Figura 1-2: Marco conceptual de los sistemas socioecológicos.



Fuente: Elaboración propia a partir de Folke, 2006.

Dentro de los sistemas socioecológicos el manejo de los ecosistemas no es una decisión externa al mismo sistema. Por el contrario, quien decide realizar cambios en los ecosistemas, hace parte integral de esa gran relación entre la sociedad y la base física que sostiene sus procesos. En este sentido, emergen no sólo relaciones complejas y múltiples sino incertidumbres inherentes a los sistemas complejos, que no podrán ser monitoreadas ni predecibles en la toma de decisiones. Por lo tanto, los sistemas socioecológicos se convierten en escenarios de adaptación constante tanto de la gobernanza como de los ecosistemas (Walker *et al.* 2002). Este proceso adaptativo, caracterizado no sólo por una resistencia frente a los disturbios, sino por la capacidad de reorganización y renovación, se denomina *resiliencia* (Folke, 2006).

Esta resiliencia, dentro de los sistemas socioecológicos puede construirse a partir del aprendizaje social, la memoria, los modelos mentales, la integración del sistema de conocimiento, la construcción de escenarios y en general, la consolidación de sistemas de gobernanza adaptativa de los ecosistemas sin punto de ruptura alguno con las culturas (Figura 1-2). Este concepto, nos permite “delimitar” en cierta medida (pues no se puede negar su interacción con otros sistemas y subsistemas), los sistemas socio ecológicos deseables como humanidad. La transformación o reorganización, como propiedad inherente a los sistemas resilientes, será la capacidad de los seres humanos de crear nuevos sistemas socioecológicos en armonía con la base biofísica de cualquier proceso cultural, cuando las condiciones ecológicas, políticas, sociales o económicas hagan insostenible el sistema actual (Walker *et al* 2002).

Entender el *territorio* como un sistema socioecológico permite enmarcar los análisis dentro de un enfoque mucho más realista que el encasillamiento de los servicios ecosistémicos en ecosistemas específicos, estáticos y alejados del mosaico de transformación efectivamente creado por el sistema cultural en el mundo. De este modo, reconociendo la interdependencia y relación entre los sistemas sociales y ecológicos, es preciso hablar de la multifuncionalidad de los territorios (PNUMA, 2010) y de las funciones que emergen de la configuración compleja y mixta que se ha generado por la relación con los sistemas sociales. La capacidad de dinamismo con que deben actuar las instituciones para adaptarse a la inestabilidad e incertidumbre del ambiente complejo, dará la pauta en la reconfiguración de las relaciones de los seres humanos con la Tierra (Holling & Gunderson, 2001, citado por Rincón *et al.*, 2014).

Dentro de los sistemas socioecológicos, la agricultura se constituye como la principal emergencia cultural de la relación del hombre con los ecosistemas, al surgir de la interrelación entre la ecología y todos los procesos que ésta abarca, y la cultura entendida como los sistemas complejos de los símbolos, la organización humana y la tecnología (León- Sicard, 2014). Desde este enfoque, además de los estudios ecológicos sobre los procesos que se dan al interior de las fincas, entendidas como la unidad común de manejo de *agroecosistemas* (o ecosistemas transformados), las tecnologías, el uso de los recursos, las visiones particulares y las construcciones sociales en general, definen

las características principales de los sistemas agrícolas y sus modos de respuesta frente a cambios ambientales.

2. Metodología

2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo principalmente en el municipio de Rivera, Huila, con algunas fincas ubicadas en jurisdicción del municipio de Campoalegre. El municipio de Rivera se divide en una zona de piedemonte sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental colombiana, y una zona plana enmarcada en el valle del río Magdalena, entre las cordilleras oriental y central, hacia el extremo occidental del municipio. Esta ubicación geográfica le permite tener características climáticas, geológicas y físicas diversas en un gradiente altitudinal que oscila entre los 500 y 3.000 msnm., dentro de los cuales se encuentran 5 unidades climáticas principales desde el clima cálido seco hasta el frío muy húmedo (IGAC 1994). Sobre la región, predomina la zona de confluencia intertropical (ZCIT) y los vientos alisios, lo que permite que se presenten temperaturas medias anuales, por debajo de los 1.000 m.s.n.m., entre los 24°C y 26°C. La precipitación, en este sector del valle del Magdalena oscila entre los 500 m.m. y 1.500 m.m. anuales. Estas condiciones particulares de la zona de sotavento que constituye la ladera occidental de la cordillera oriental, permiten la configuración de ecosistemas de selva tropical lluviosa hacia el piedemonte, y bosque seco tropical y vegetación xerofítica, en el sector del Valle del Magdalena (Armenta Porras, 2013).

Con el fin de hallar una muestra significativa de los productores de cholupa de Rivera (Huila), se utilizó la Ecuación (2.1), tomando como población total 80 productores en el municipio de acuerdo a las bases de datos actualizadas de la Cooperativa de Cholupa del Huila al año 2015. Con un grado de confianza del 90% y un p-valor de 0,1 la muestra estimada fue de 19 productores. Las fincas fueron seleccionadas de acuerdo a la disponibilidad de los propietarios o arrendatarios y a las recomendaciones de algunos afiliados a la Cooperativa de Cholupa del Huila. Debido a la dificultad en la movilidad al interior del municipio, por el estado de las vías y los altos costos de desplazamiento, la

muestra se ajustó a 15 fincas (Tabla 2-1, Figura 2-1), de manera discrecional. Los criterios tomados en cuenta para la selección de las fincas, incluían el hecho de que produjera cholupa (*P. maliformis*), que hubiera pasado al menos por una época de cosecha, y que el productor contara con la disposición para colaborar tanto con la aplicación de la encuesta, como con la visita de caracterización a la finca. De este modo, la muestra ajustada permite caracterizar la población con un grado de confianza de 90%, un error máximo de estimación del 10% y un p-valor (probabilidad de ocurrencia) de 0,075.

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad (2.1)$$

Donde,

$$n_o = p * (1 - p) * \left[\frac{Z(1 - \alpha/2)}{d} \right]^2$$

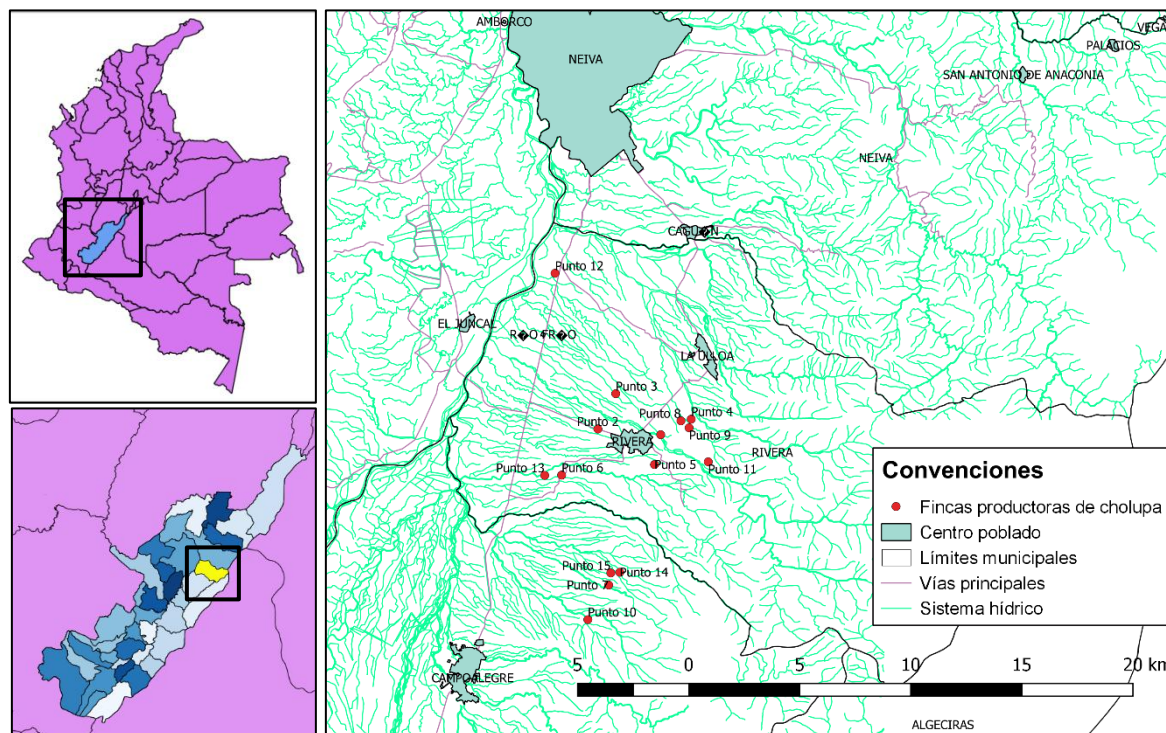
N_o= No. de elementos de la muestra; N= No. de elementos de la población; Z= Valor crítico correspondiente al nivel de confianza elegido; p/ q= probabilidades con las que se presenta el fenómeno; d= margen de error permitido.

Tabla 2-1: Ubicación de las fincas donde fue realizado el estudio.

Finca No.	Finca	Vereda	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
1	La Hondina	Llanitos	2°46'51.26"	75°14'47.14"	755
2	La Rodadita	Bajo Pedregal	2°47'00.22"	75°16'19.11"	639
3	El tesoro	Los medios	2°47'52.08"	75°15'55.07"	617
4	Villa Paula	El Guadual	2° 47' 13.6"	75° 14' 04.8"	784
5	El Ramírez	Alto pedregal	2°46'08.34"	75°14'56.10"	777
6	El Limón	Riverita	2°45'53.91"	75°17'13.18"	574
7	Los Remansos	Bajo Bejucal (Campoalegre)	2° 43' 10.0"	75° 16' 04.9"	812

Tabla 2-1: (Continuación)

Finca No.	Finca	Vereda	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
8	La Polonia	Llanitos	2°47'07.64"	75°14'16.44"	778
9	La Polonia	Llanitos	2°46'59.70"	75°14'06.11"	799
10	La Margarita	Piravante Alto (Campoalegre)	2° 42' 19.2"	75° 16' 35.2"	737
11	El Trinitario	Alto Guadual	2° 46' 11.0"	75° 13' 40.0"	899
12	La Hamaca	Arenosa	2° 50' 47.5"	75° 17' 23.5"	461
13	La Palma	Riverita	2° 45' 50.8"	75° 17' 38.3"	547
14	MiraNeiva	El Peñon (Campoalegre)	2° 43' 28.7"	75° 15' 48.7"	814
15	Villa Nora	Bajo Bejucal (Campoalegre)	2° 43' 27.7"	75° 16' 01.8"	787

Figura 2-1: Mapa de ubicación de las fincas donde se realizó el estudio.

2.2 Caracterización agroecológica y socioeconómica de los sistemas de producción de cholupa en Rivera

La caracterización agroecológica de las fincas se enfocó principalmente en la identificación de los factores que influyen directa o indirectamente en el estado del servicio de polinización natural de los cultivos de cholupa (recursos de alimentación, de nidificación y de respuesta a riesgos o disturbios para las abejas silvestres). En este sentido, la Estructura Agroecológica Principal (EAP) (León- Sicard, 2014), fue considerada como una herramienta adecuada para describir la mayoría de aspectos ecosistémicos y culturales de cada uno de los agroecosistemas. Los componentes originales de la EAP propuestos por León- Sicard (2014) fueron adaptados y re definidos para describir la calidad agroecológica en términos del servicio de polinización (Tabla 2-2). La descripción general de los componentes de la EAP se presenta en el Anexo A.

Tabla 2-2: Componentes evaluados para estimar la EAP de las fincas.

Componente*	Nombre
EEP	Conexión con la Estructura Ecológica Principal del Paisaje
ECE	Extensión de Conectores Externos
DCE	Diversificación de Conectores Externos
DIC**	Diversificación al Interior del Cultivo
US	Uso y Conservación del suelo
MA	Manejo de Arvenses
OP	Otras Prácticas de Manejo
PC	Percepción- Conciencia
CA	Capacidad de Acción
CP***	Control de Plagas

*El componente de Extensión de Conectores Internos (ECI) no fue evaluado en este estudio, debido a que la mayoría de agroecosistemas estudiados correspondían a agroecosistemas menores únicos, delimitados por los conectores externos. Por lo tanto, no se tenían diferentes áreas o cultivos entre los que pudiera existir alguna conexión entre sí.

**El componente DIC se propuso en remplazo del de Diversificación de Conectores Internos (DCI) dado que, si bien no se tienen conectores internos en los agroecosistemas estudiados, la diversidad vegetal que se mantenga al interior del cultivo, en términos, de pequeñas hierbas, es muy importante para mantener las poblaciones de polinizadores nativos.

***El Control de Plagas (CP) es un componente que se adicionó a la estimación de la EAP dada la alta incidencia que tiene la aplicación de productos químicos en el manejo del sistema de producción de cholupa en Rivera, y el gran impacto que tiene esta práctica en particular, sobre las poblaciones de polinizadores nativos.

Se visitaron las 15 fincas durante cinco salidas de campo realizadas a los municipios de Rivera y Campoalegre durante los años 2015 y 2016. En cada visita se georreferenció el agroecosistema menor, se caracterizó la biodiversidad florística del cultivo tanto en su interior como en sus cercas vivas, y se corroboró alguna información relacionada con el paisaje y la organización de las coberturas vegetales, obtenida en conversaciones previas con los propietarios.

De manera adicional se diseñó una encuesta de caracterización socioeconómica del sistema de cultivo de cholupa, presentada en el Anexo B. Este instrumento fue validado y ajustado por cinco productores de otras regiones y frutales, así como por una investigadora con experiencia reciente en el estudio de la polinización de la cholupa en Rivera (Huila). A través de la encuesta se obtuvo la información económica general del cultivo y los productores, así como sus percepciones frente a la problemática de la polinización en sus cultivos y las alternativas ecológicas de manejo, elementos esenciales en la calificación posterior de algunos aspectos de la EAP.

A continuación, se presenta el detalle metodológico con el que se asignó un valor a cada componente de dicho índice:

- **EEP**

Tabla 2-3: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente de la EEP

Aspecto	Descripción	Valor
Distancia a área de vegetación natural (Km)	Las fincas se georreferenciaron en campo con un GPS Garmin y una desviación estimada de 3 m. En los polígonos correspondientes, con el uso de la herramienta de “regla” disponible en Google Maps, se midió la distancia al corredor, parche o fragmento de vegetación natural más cercano a cada cultivo. Teniendo en cuenta el rango de vuelo promedio de abejas de distintos tamaños, la máxima distancia se definió en 1 Km. (correspondiente a 0 puntos) y la mínima en 0 Km. (correspondiente a 5 puntos). Este valor se dio cuando las fincas colindaban directamente con un fragmento de vegetación conservada.	0-5
Conectividad del parche más cercano	Al analizar las imágenes de satélite correspondientes al fragmento de vegetación conservada más cercano al cultivo, se determinó de manera cualitativa si este parche tenía una buena (5), regular (3) o mala (1) conectividad con los fragmentos restantes. Una buena conectividad se consideró como un parche de gran tamaño (mayor al del cultivo) con corredores biológicos hacia parches de mayor tamaño y conexión. Una mala conectividad se consideró como un parche pequeño y aislado.	0-5
Máximo valor posible		10

- **ECE**

El porcentaje del perímetro rodeado por cercas vivas, se estimó mediante la observación directa en cada finca, y se corroboró con la revisión de imágenes satelitales en Google Earth, donde se midió tanto el perímetro total como aquel donde había presencia de

cercas vivas, para calcular la relación. Este porcentaje correspondió de manera proporcional al valor obtenido para la ECE de 0 a 10.

▪ DCE

Tabla 2-4: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente DCE

Aspecto	Descripción	Valor
Diversidad estrato arbóreo	Índice de diversidad de Simpson correspondiente al estrato arbóreo de la cerca viva de cada finca. Este índice varía de 0 a 1 y mediante una regla de tres simple, fue asimilado a la calificación del aspecto.	0-5
Diversidad estrato herbáceo	Promedio del índice de diversidad de Simpson obtenido por cuadrante, correspondiente al estrato herbáceo de la cerca viva de cada finca. Este índice varía de 0 a 1 y mediante una regla de tres simple, fue asimilado a la calificación del aspecto.	0-5
Máximo valor posible		10

Para calcular la diversidad de árboles en las cercas vivas se partió del método de muestreo de plantas leñosas propuesto por Gentry (Villareal *et al.*, 2004), pero registrando la vegetación mayor a 5 cm de DAP en un transecto de 50 m. x 2 m. por cada uno de los linderos del cultivo donde se presentaran cercas vivas. Por otro lado, se utilizó un cuadrante de PVC de 50 cm. x 50 cm. para registrar la vegetación herbácea. Se realizaron 3 réplicas aleatorias de dicho cuadrante por cada lindero del cultivo. Con base en las especies registradas, se calculó la riqueza (N) y la diversidad (1-D) de cada finca, como se presenta en las ecuaciones (2.2) y (2.3).

En el caso de los árboles, la identidad taxonómica de las especies se determinó principalmente mediante la indagación con los propietarios o encargados de las fincas sobre el nombre común de las especies presentes conocidas por ellos. Una vez se obtuvo el nombre común, se hallaron posibles nombres científicos a partir del *Diccionario virtual de nombres comunes de las plantas de Colombia* del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia¹. Los nombres científicos obtenidos,

¹ <http://www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/>

correspondientes a la denominación de las plantas en el departamento del Huila, se corroboraron mediante la comparación de la lámina virtual del Herbario Nacional y la muestra botánica recolectada en campo.

$$S = \sum_{i=1}^S X_i \quad (2.2)$$

Donde,

S= Riqueza de especies (Número de taxa); X_i = Cada especie registrada.

$$\text{Diversidad de Simpson} = 1 - D \quad (2.3)$$

$$D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n} \right)^2$$

Donde,

n_i = Número de individuos del taxón i ; n = Número total de individuos.

El índice de Simpson oscila entre 0 (menor diversidad) y 1 (máxima diversidad).

▪ DIC

Tabla 2-5: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente DIC

Aspecto	Descripción	Valor
Diversidad al interior del cultivo	Promedio del índice de diversidad de Simpson obtenido por cuadrante, correspondiente al estrato herbáceo del interior de cada cultivo. Este índice varía de 0 a 1 y mediante un aumento en un factor de 10, se asignó el valor a este aspecto.	0-10
Máximo valor posible		10

Se utilizó el cuadrante de PVC de 50 cm. x 50 cm. para estimar la diversidad de herbáceas al interior del cultivo, realizando 30 réplicas por finca de manera aleatoria, procurando un muestreo bien distribuido espacialmente a lo largo de toda el área del cultivo. De este modo, se determinó la riqueza y diversidad, con base en las Ecuaciones 2-2 y 2-3.

- **US**

Tabla 2-6: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente US

Aspecto	Descripción	Valor
Suelo desnudo (%)	Porcentaje promedio de suelo desnudo al interior del cultivo. Se calculó a partir de la observación en cada uno de los cuadrantes de PVC utilizados para medir la diversidad interior del cultivo. Un 100% de suelo desnudo correspondió a un valor de 0 en este aspecto y un 0% de suelo desnudo, correspondió a un valor de 2,5.	0-2,5
Método de labranza	Los métodos de labranza de la tierra en la fase de preparación para la siembra, encontrados en las fincas caracterizadas fueron: Tractor (1), arado manual (1,5) y ninguno (no se aró la tierra previamente a la siembra) (2,5).	0-2,5
Análisis de suelos	Evalúa si el productor mandó a realizar (2,5) o no (1) un análisis de suelos previo a la siembra, para planear la aplicación de enmiendas.	0-2,5
Enmiendas aplicadas al suelo	Tipos de productos aplicados a la tierra para prepararla para la siembra del cultivo. Las categorías de productos establecidos fueron: Uno o varios productos incluido al menos un herbicida de síntesis química (1), ningún tipo de enmienda aplicado (1,5), o uno o varios productos ricos en nutrientes (P, N, K) (2,5).	0-2,5
Máximo valor posible		10

La cartografía correspondiente a los mapas de base del departamento del Huila con información hidrográfica, vial y organización política, entre otras, se obtuvo del Marco Geoestadístico Nacional (Geoportal) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), vigente al año 2012.

- **MA**

Tabla 2-7: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente MA

Aspecto	Descripción	Valor
Frecuencia de aplicación de métodos de control de arvenses	Número de meses que cada productor deja pasar entre un período de eliminación de arvenses y el siguiente. El valor máximo del aspecto fue otorgado a la finca con la menor frecuencia de eliminación de arvenses y a partir de ahí se calificaron las demás.	0-5
Método(s) utilizado(s) para la eliminación de arvenses	Los métodos de control de arvenses encontrados fueron: manual (A), químico (B), con guadaña (C) y quema (D). Se otorgó un máximo valor al aspecto cuando se realizó únicamente control manual, seguido por el control manual combinado con alguno(s) de los otros métodos. Los valores mínimos se asignaron a los casos en que se realizó la quema de las arvenses o sólo se utilizó el control químico.	0-5
Máximo valor posible		10

▪ **OP**

Tabla 2-8: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente OP

Aspecto	Descripción	Valor
Método de obtención de la semilla	Los métodos de obtención de la semilla de cholupa encontrados en el sitio de estudio fueron: Compra en casa comercial o centros de investigación especializados (1), compra de plántulas en vivero (2) y selección propia de las semillas a partir de un cultivo anterior (2,5). Se le asignó el máximo valor del aspecto a la selección de la semilla, dada la autonomía que le brinda al productor.	0-2,5

Tabla 2-8: (Continuación)

Aspecto	Descripción	Valor
Frecuencia de aplicación de riego	Número de días que cada productor deja pasar entre un día de riego y el siguiente. El valor máximo del aspecto fue otorgado a la finca con la menor frecuencia de riego y a partir de ahí se calificaron las demás.	0-2,5
Conocimiento de certificaciones ecológicas	Se evalúa si el productor conoce (2,5) o no (0) al menos un proceso o sello de certificación al que podría acceder su producto.	0-2,5
Interés en procesos de certificación	Se evalúa si el productor se encuentra interesado (2,5) o no (0) en entrar en algún proceso de certificación de calidad o la aplicación de prácticas de manejo sostenibles para su cultivo.	0-2,5
Máximo valor posible		10

▪ **PC**

Tabla 2-9: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente PC

Aspecto	Descripción	Valor
Identificación de visitantes florales de cholupa	Cantidad de visitantes florales identificados respecto al total de opciones presentadas gráficamente en la encuesta*. Esta relación se transformó en el porcentaje de identificación de visitantes que permitió asignar el valor correspondiente al aspecto.	0-2,5
Reconocimiento de los roles funcionales de los visitantes efectivos	Cantidad de roles funcionales (polinizador, visitante, ladrón o insecto plaga) identificados correctamente respecto al número total de visitantes identificados correctamente. Esta relación se transformó en el porcentaje de reconocimiento de roles funcionales que permitió asignar el valor correspondiente al aspecto.	0-2,5

Tabla 2-9: (Continuación)

Aspecto	Descripción	Valor
Conciencia de la pérdida de diversidad de polinizadores	Hace referencia a la percepción de disminución o no de las poblaciones de polinizadores en los últimos años en los cultivos; y a la magnitud de esa disminución (de considerarla). La magnitud se describió como un poco (A), cerca de la mitad (D), más de la mitad (C), bastante (D). Cuando no se reconoció una disminución de la diversidad de polinizadores, el valor para el aspecto fue de 0.	0-2,5
Reconocimiento de la función de coberturas vegetales	Se refiere a las funciones que los productores asocian con las coberturas de cercas vivas, bosques y jardines cerca o en sus cultivos. A partir del número promedio de funciones reconocidas por cobertura, se asignó el valor a este aspecto. La finca con mayor número de funciones reconocidas obtuvo el mayor puntaje y a partir de ahí se calificaron las demás	0-2,5
Máximo valor posible		10

* Las imágenes de posibles polinizadores presentadas en la encuesta (Anexo B) se tomaron de la cartilla sobre polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia (Rodríguez *et al.* 2015), donde se presentan los resultados de una caracterización de los polinizadores naturales de cultivos de cholupa en Rivera, Huila, realizada en el período 2012 a 2015. Dentro de la lámina de imágenes presentada en la encuesta de la presente investigación, se incluyeron cuatro especies de abejas no registradas en estos cultivos en la zona, con el fin de validar que las respuestas dadas por los cultivadores, se hubieran basado efectivamente en su experiencia personal y no en una decisión tomada al azar al momento de elegir.

▪ CA

Tabla 2-10: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente CA

Aspecto	Descripción	Valor
Propiedad de la tierra*	A los cultivos manejados por los propietarios de las fincas donde éstos estaban establecidos, se les asignó una calificación de 4. Por su parte, quienes mantenían los cultivos en terrenos arrendados, obtuvieron un valor de 1 en este aspecto.	0-4
Reconocimiento de las causas de pérdida de polinizadores	Proporción de las causas identificadas por los encuestados como responsables de la pérdida de polinizadores, relacionadas con las prácticas agrícolas (responsabilidad propia). Se dio un mayor valor a las fincas cuyos propietarios identificaron todas las causas de pérdida en relación al manejo de cultivos. El valor disminuyó a medida que se identificaban más causas externas como el cambio climático, las enfermedades, o la pérdida de bosques. Y fue mínimo para aquellas fincas cuyos propietarios no reconocen una pérdida de polinizadores.	0-1,5
Identificación de beneficios de la implementación de prácticas ecológicas.	Proporción de la cantidad de beneficios reconocidos de implementar prácticas ecológicas u orgánicas, frente al total de beneficios y desventajas identificados. El valor máximo del aspecto lo obtuvieron las fincas cuyos productores solo identifican beneficios y no desventajas. El valor mínimo lo obtuvieron aquellos que expresaron no estar interesados en estas prácticas.	0-1,5
Disponibilidad económica mensual para la acción	Valor de las ganancias netas obtenidas por cada productor en su cultivo de cholupa. Las ganancias se calcularon restando los ingresos y los costos de mantenimiento y arrendamiento por cosecha. A la finca cuyo productor tuviera las mayores ganancias se le asignó el máximo valor del aspecto y a partir de ahí se calificaron las demás.	0-1,5

Tabla 2-10: (Continuación)

Aspecto	Descripción	Valor
Diversidad productiva	Corresponde a la cantidad de actividades productivas que realiza el cultivador de cholupa, de manera alternativa a su cultivo. Al productor con mayor número de actividades adicionales, se le asignó el mayor valor.	0-1,5
Máximo valor posible		10

*Aunque como lo establece León- Sicard (2014), la propiedad de la finca es determinante para tener la capacidad de acción sobre ella en la transformación de prácticas hacia la agricultura ecológica, en el caso específico de los productores de cholupa en Rivera, se observa una gran cantidad de cultivos en terrenos arrendados. Es decir, por lo general los productores se especializan en el cultivo de cholupa, siempre que las condiciones del mercado sean favorables, a medida que se trasladan en el espacio. Dado que las prácticas de conservación de polinizadores naturales dependen tanto de factores de paisaje como de manejo agrícola, se acepta que el propietario tiene mucha mayor autonomía en el manejo de los terrenos y en la organización de coberturas en su interior, pero el productor arrendatario, tiene la autonomía de cambiar las prácticas de cultivo en cualquier terreno en el que lo desarrolle. Por esta razón se da un peso muy importante a la propiedad de la tierra para determinar la capacidad de acción, pero se complementa con la conciencia y capacidad económica para el cambio que también pueden tener los arrendatarios.

▪ CP

Tabla 2-11: Descripción de los aspectos evaluados para estimar el componente CP

Aspecto	Descripción	Valor
Toxicidad promedio de plaguicidas utilizados*	Promedio del grado de toxicidad (I- IV) de los plaguicidas utilizados en el cultivo, mencionados por el productor. El valor de 0 a 4 se ajustó a una escala de 0 a 5, dentro de la que se asignó un valor a este aspecto, siendo el máximo valor, el menor grado de toxicidad.	0-5
Frecuencia de la fumigación	Número de días aproximado entre un episodio de fumigación del cultivo y otro. El máximo valor de este aspecto se asignó a los cultivos que eran fumigados cada 30 días. A partir de ahí se calificaron las demás fincas.	0-2

Tabla 2-11: (Continuación)

Aspecto	Descripción	Valor
Métodos de control de plagas	Los métodos utilizados para control de plagas en el cultivo de cholupa son: productos químicos, productos naturales y control cultural. Las fincas que alternaban el uso de los tres métodos recibieron el mayor puntaje para este aspecto (1), teniendo en cuenta que todas utilizaban en mayor o menor medida control con productos químicos. Aquellas que sólo utilizaban el control químico fueron las que obtuvieron la menor calificación.	0-1
Realización de mezclas de plaguicidas	Es una variable binaria teniendo en cuenta si los productores realizan o no mezclas de productos para el control de plagas. Quienes las realizaban obtuvieron un valor de 0 y aquellos que no, obtuvieron un valor de 1.	0-1
Hora de aplicación de plaguicidas	Todos los encuestados afirmaron fumigar sus cultivos en horas de la mañana. De este modo, las fincas donde esta práctica se llevaba a cabo más temprano, obtuvieron una mayor calificación para este aspecto. A partir de ahí se asignó un valor a las demás.	0-1
Máximo valor posible		10

* Dado que es posible que los productores encuestados no indicaran todos los nombres de agroquímicos aplicados efectivamente a su cultivo, debido al marcado interés por demostrar su preocupación por las abejas y la biodiversidad, una vez conocían el objetivo del trabajo de investigación, se optó por estimar un promedio de toxicidad con los productos mencionados. El grado de toxicidad (I- IV) de cada producto, se obtuvo a partir de la base de datos de Registros Nacionales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), actualizada a agosto 31 de 2016.

Finalmente, la EAP se calculó como se presenta en la Ecuación 2-4, y se obtuvo un valor de 1 a 100 para cada uno de los agroecosistemas, en donde los más cercanos a 100 corresponden a fincas con una estructura agroecológica principal bien desarrollada, coincidente con condiciones ecológicas y culturales favorables para la conservación del servicio de polinización, y por tanto con alto potencial de provisión del mismo.

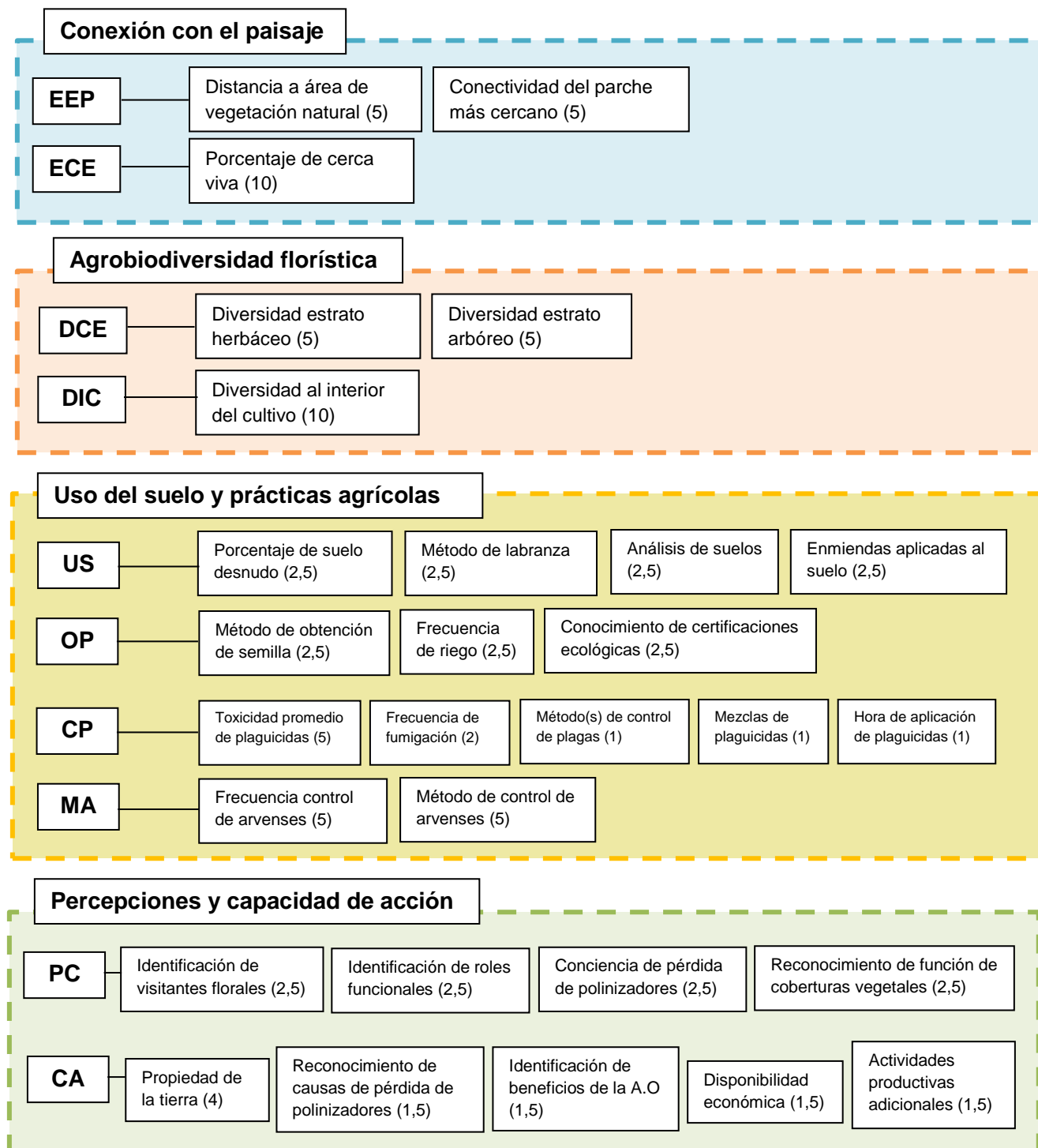
$$EAP = EEP + ECE + DCE + DIC + US + MA + OP + PC + CA + CP \quad (2.4)$$

Con el fin de organizar la información correspondiente a los componentes de la EAP, en función de los efectos que puede tener la organización cultural y biofísica del

agroecosistema, en las poblaciones de polinizadores, se propusieron cuatro categorías principales de análisis (Figura 2-2). Dentro de las categorías definidas, la conexión con el paisaje y la agrobiodiversidad florística al interior del agroecosistema, pueden dar cuenta de la gran mayoría de aspectos ecológicos requeridos por los polinizadores- abejas nativas. De manera adicional, los usos del suelo, otras prácticas agrícolas y las percepciones y capacidad de acción de los productores, permiten contextualizar los símbolos de la cultura predominantes en estos sistemas de cultivo, que influyen de manera directa e indirecta con la salud ecosistémica. Finalmente, son estos símbolos a través de los cuales se toman las decisiones de manejo y organización de los paisajes agrícolas a nivel local.

Adicionalmente al cálculo de la EAP, se definieron las características principales (tamaño, diversidad productiva, ubicación geográfica) de las propiedades donde se encontraban los cultivos de cholupa que hicieron parte del análisis. Para este fin, se obtuvieron las imágenes catastrales de las veredas donde se ubicaban las fincas, del geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Estas imágenes fueron georreferenciadas utilizando el software libre Quantum Gis 2.16, en el que adicionalmente se realizaron los análisis de sobreposición de capas con los cultivos georreferenciados en campo.

Algunos análisis estadísticos de ordenación (correspondencia), realizados con el fin de agrupar los resultados de los componentes de la EAP más influyentes en el SE de la polinización natural, se hicieron utilizando el software libre PAleontological STatistics-PAST Versión 2.17c (Hammer *et al.*, 2001). Finalmente, en el mismo software se realizaron las correlaciones lineales presentadas en los resultados.

Figura 2-2: Categorías de análisis definidas para los componentes de la EAP

2.3 Análisis de los elementos principales de un posible esquema de PSA por polinización natural

A partir de la revisión bibliográfica preliminar respecto a los principales elementos de discusión frente a los esquemas de PSA, se establecieron como puntos críticos de discusión la adicionalidad del SE (perspectiva ecológica), los elementos relativos al “pago” (perspectiva económica) y los elementos institucionales de diseño (perspectiva organizacional) de un posible PSA para polinización natural.

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización agroecológica del SE, la *adicionalidad*, en primer lugar, se evaluó de acuerdo a la trayectoria posible del servicio de polinización en el sistema de producción de cholupa en el Huila, a través del análisis de la categoría de “percepciones y capacidad de acción”.

A partir de ahí, se puntualizaron las relaciones entre las prácticas tecnológicas del cultivo (categorías de *usos del suelo y prácticas agrícolas, agrobiodiversidad florística y conexión con el paisaje*) y la provisión del servicio de polinización. Esto se definió mediante lo reportado en la literatura para los múltiples factores que determinan el SE de polinización, así como teniendo en cuenta los requerimientos particulares de esta especie de planta. Mediante este análisis se definió la escala espacial de provisión del SE, las acciones necesarias para su conservación, las principales variables de la EAP que intervienen en su provisión y las posibles estrategias de manejo enfocadas en él.

Respecto a los elementos económicos relativos a un posible esquema de PSA, su análisis se basó en los conceptos esenciales de definición del instrumento económico, en relación a las prácticas que implicarían unos costos y/o beneficios económicos por cuenta del establecimiento de un posible incentivo. Se analizaron entonces, de manera descriptiva, los distintos factores de cambio en el bienestar económico de los productores de cholupa, y la comunidad de la región, a la luz de los conceptos de *externalidad, costos de oportunidad y costos de transacción*, claves en la definición de esquemas de PSA.

Finalmente, los elementos institucionales que se analizaron, fueron los actores principales involucrados comúnmente en los PSA (beneficiarios, proveedores,

operadores, administradores y otros intermediarios), respecto a la situación social de la población caracterizada durante la investigación. Del mismo modo, se evaluaron las posibles interacciones entre dichos actores y se definieron algunas posibilidades organizativas de un eventual PSA enfocado a este servicio.

3. Resultados: Caracterización agroecológica y socioeconómica de los sistemas de producción de cholupa en el Huila

3.1 El cultivo de cholupa (*Passiflora maliformis*)

3.1.1 Caracterización socioeconómica

De acuerdo a la información suministrada por el representante legal de la Cooperativa Multiactiva de Productores de Cholupa del Huila (Cooperativa Cholupa del Huila), se estima que para el 2014, eran aproximadamente 80 los productores de este frutal en el municipio de Rivera, primer productor a nivel nacional. Allí, la cadena productiva de cholupa se encuentra arraigada tradicionalmente, dada la especialización que se ha dado en la región, en el cultivo no sólo de esta sino de siete especies adicionales de pasifloras comerciales (Ocampo, 2013).

De acuerdo a los resultados de la encuesta de caracterización aplicada, la permanencia de los actuales productores de cholupa, a este cultivo en particular, oscila entre 6 meses y 14 años (Tabla 3-1). Sin embargo, los productores que incursionaron hace poco en el cultivo son, por un lado, personas jóvenes, con fuentes de ingresos alternativas y que habían visto la cultura de la cholupa arraigada en su familia y entorno, y decidieron iniciar su propio cultivo; o por otro, personas mayores con una larga trayectoria en el cultivo de otras especies de pasifloras en la región, especialmente el maracuyá.

La distribución restringida en el país del cultivo de cholupa, a esta zona, la ha convertido en un clúster productivo con amplias posibilidades, potenciadas además por el sello de denominación de origen con el que cuenta desde el año 2007. Esto ha permitido que los cultivadores de la región se encuentren cada vez más interesados y con mayores expectativas referentes a la apertura de los mercados, el mejoramiento de las prácticas de manejo y la diversificación de productos obtenidos a partir de la fruta.

La Cooperativa Cholupa del Huila es una organización legalmente constituida hace cerca de tres años, con el objetivo de agrupar a los productores y obtener acceso privilegiado a programas de asistencia técnica, apoyo financiero y oportunidades de mercado. Recientemente la cooperativa fue delegada por la Superintendencia de Industria y Comercio como el ente administrador y facultado para autorizar el uso del sello de denominación de origen.

Respecto a las características de la población de productores de cholupa en la región, la gran mayoría son hombres, mayores de 30 años y con educación básica y media terminada (Tabla 3-1). El cultivo se desarrolla en minifundios de máximo 3 Ha. y los lotes pueden ser propiedad del productor o terrenos arrendados. Sobre la asociatividad a través de la Cooperativa de Cholupa del Huila, los cultivadores que no se encuentran asociados, expresan tener poco conocimiento sobre la utilidad de la cooperativa para la productividad de su cultivo, falta de tiempo para atender a las reuniones, una percepción de bajo beneficio en relación al costo de afiliación que deben cancelar y la noción de que los proyectos emprendidos por la cooperativa tardan demasiado tiempo.

Tabla 3-1: Características generales de la población de productores de cholupa en Rivera, Huila

Característica	Resultados obtenidos				
Sexo	Hombres			Mujeres	
	93,3%			6,7%	
Propiedad del lote de cultivo	Arrendatarios			Propietarios	
	53%			47%	
Participación en la Cooperativa de Cholupa del Huila	Asociados			No asociados	
	47%			53%	
Edad (años)	48 ± 11,5				
Máximo grado de escolaridad terminado	Primaria	Secundaria	Técnico	Profesional	Especialista
	46,7%	13,3%	6,7%	26,7%	6,7%
Área de cultivo (Ha.)	1,4 ± 0,8				
Permanencia en Rivera ¹	30 ± 20,6				
Permanencia en la finca ²	8 ± 15,0				
Permanencia en el cultivo de cholupa ³	5 ± 4,2				

¹No. de años que ha vivido en el municipio de Rivera. ²No. de años que ha vivido y/o trabajado en la finca donde se encuentra el cultivo actual de cholupa. ³No. de años que ha producido cholupa, en la finca actual o en otra.

Los productores de cholupa son en su mayoría oriundos del municipio de Rivera como se observa en el promedio de años de permanencia allí y su alta variabilidad. Ésta última se relaciona con las diferencias de edad de los productores (entre 31 y 63 años), ya que muchos de ellos han vivido en el municipio toda su vida. Aquellos que llevan menos tiempo (entre 10 y 15 años) residiendo en Rivera, llegaron de municipios cercanos del departamento del Huila o del Tolima.

Los datos promedio sobre el tiempo de permanencia en la finca, se elevan gracias a algunos propietarios, quienes básicamente han trabajado allí durante más de 10 años. Sin embargo, 10 de los 15 productores encuestados han permanecido por menos de cinco años en el lote actual, principalmente debido a que es un terreno arrendado. Los dos propietarios, pertenecientes a este grupo, empezaron a trabajar el lote del cultivo hace muy poco porque recibieron la titularidad (como herencia) recientemente o porque antes de instalar el cultivo de cholupa, el lote era un área improductiva de su finca (dedicada a la conservación).

El costo de la inversión inicial para el montaje de un cultivo de cholupa representa una gran proporción de los costos totales (Tabla 3-2). En este trabajo, se incluyeron dentro de este rubro únicamente los materiales de montaje del sistema de tutorado, la mano de obra de construcción de dicho sistema, la preparación del terreno y la siembra de plántulas. En otras investigaciones, donde se incluyen la compra de equipos, el alquiler de bodegas poscosecha y en general todos los gastos de insumos y mano de obra durante el primer año del cultivo, los gastos ascienden en promedio a \$22.858.220 y corresponden a un 47,7% del total de gastos en los tres años de producción (Ocampo *et al.*, 2015).

Tabla 3-2: Gastos e ingresos asociados al cultivo de cholupa en Rivera, Huila

Finca	Total inversión inicial/Ha	No. prom bolsas/cosecha/Ha*	Ingr. Prom/cosecha/Ha	Gastos totales mantenimiento/mes/Ha
F1	\$ 6.166.786	212,5	\$ 3.612.500	\$ 632.833
F2	\$ 4.600.000	680,0	\$ 11.560.000	\$ 483.750

Tabla 3-2: (Continuación)

Finca	Total inversión inicial/Ha	No. prom bolsas/cosecha/Ha*	Ingr. Prom/cosecha/Ha	Gastos totales mantenimiento/mes/Ha
F3	\$ 3.660.000	-	\$ -	\$ 168.500
F4	\$ 4.025.000	133,3	\$ 1.666.667	\$ 948.750
F5	\$ 11.015.000	525,0	\$ 9.712.500	\$ 652.604
F6	\$ 7.998.333	333,3	\$ 5.833.333	\$ 852.500
F7	\$ 6.996.667	500,0	\$ 9.250.000	\$ 835.222
F8	\$ 6.660.588	941,2	\$ 14.588.235	\$ 729.338
F9	\$ 6.345.769	600,0	\$ 10.200.000	\$ 434.603
F10	\$ 1.637.538	500,0	\$ 8.750.000	\$ 735.417
F11	\$ 16.924.000	400,0	\$ 10.800.000	\$ 200.556
F12	\$ 12.685.000	200,0	\$ 5.500.000	\$ 197.500
F13	\$ 7.590.000	320,0	\$ 7.040.000	\$ 1.644.000
F14	\$ 4.890.000	500,0	\$ 10.750.000	\$ 1.132.500
F15	\$ 7.108.333	466,7	\$ 8.166.667	\$ 592.222

*La cholupa se empaca y comercializa por bolsas que en promedio tienen un peso de 10 Kg. Una cosecha corresponde a lo recolectado durante períodos de producción de 3 meses en promedio.

Es importante tener en cuenta esto, dado que posiblemente las prácticas que más se relacionen con la amenaza al SE de polinización, como se desarrollará en detalle más adelante, sean aquellas de mantenimiento periódico del cultivo y no de inversión inicial.

3.1.2 Generalidades agroecológicas del cultivo de cholupa

El cultivo de cholupa tiene requerimientos técnicos similares a los de otras especies de la familia Passifloraceae. En primer lugar, dado que la planta es un bejuco o enredadera, la principal actividad al momento de montar el cultivo, es la construcción de un sistema de tutorado fuerte que pueda sostener las plantas desde la etapa de plántula hasta el

engrosamiento y adquisición de carácter leñoso de sus tallos. Este sistema puede ser de dos tipos: el emparrado (Figura 3-1) o la espaldera (Figura 3-2). Ambos sistemas se soportan en una serie de “estantillos” o troncos de guadua (u otra madera resistente) que se entierran de manera perpendicular al suelo y sostienen la estructura; y unos “tacos” de guadua también, pero de menor calidad, que se ubican diagonales y dan soporte lateral a la estructura principal.

Dependiendo del sistema de tutorado elegido, se dispone un alambre fuerte formando un entramado superior a manera de *techo* que cubrirán posteriormente las plantas (sistema de emparrado) o líneas de alambre individuales sobre los estantillos de las cuales colgarán las plantas formando una serie de *paredes* que delimiten los corredores del cultivo (sistema de espaldera). La altura de estas estructuras es de 2 metros en promedio, lo que asegura el adecuado crecimiento de las plantas y facilita tanto el manejo del cultivo, como la movilidad de los trabajadores dentro de este.

El proceso de siembra del cultivo de cholupa, por lo tanto, implica distintas etapas referentes a la preparación del suelo (mecánica y químicamente); el trazado de las líneas de siembra de las plántulas y hoyado del terreno, tanto para la siembra como para los estantillos; el montaje del alambrado en el sistema de tutorado; el amarrado de las líneas de cuerda por donde treparán las plántulas en sus primeros estadios de vida; la poda de las plántulas a medida que se define la trayectoria de las mismas en su proceso de crecimiento y en algunos casos la resiembra o remplazo de plántulas que mueren prematuramente (Figura 3-3).

Figura 3-1: Fotografía de un cultivo de cholupa bajo el sistema de tutorado tipo emparrado



Figura 3-2: Fotografía de un cultivo de cholupa bajo el sistema de tutorado tipo espaldera



El paso desde la plantulación (2) hasta la primera cosecha (11) (Figura 3-3) tarda aproximadamente 7 meses, momento a partir del cual se recoge una cosecha cada 3 a 4 meses en condiciones óptimas, hasta finalizar la vida productiva de las plantas, alrededor de 3 años después. La periodicidad y métodos utilizados en las actividades de mantenimiento que se dan a medida que se recogen las cosechas, varían de un productor a otro y, para la muestra caracterizada en este trabajo, se presentarán en detalle en el siguiente apartado.

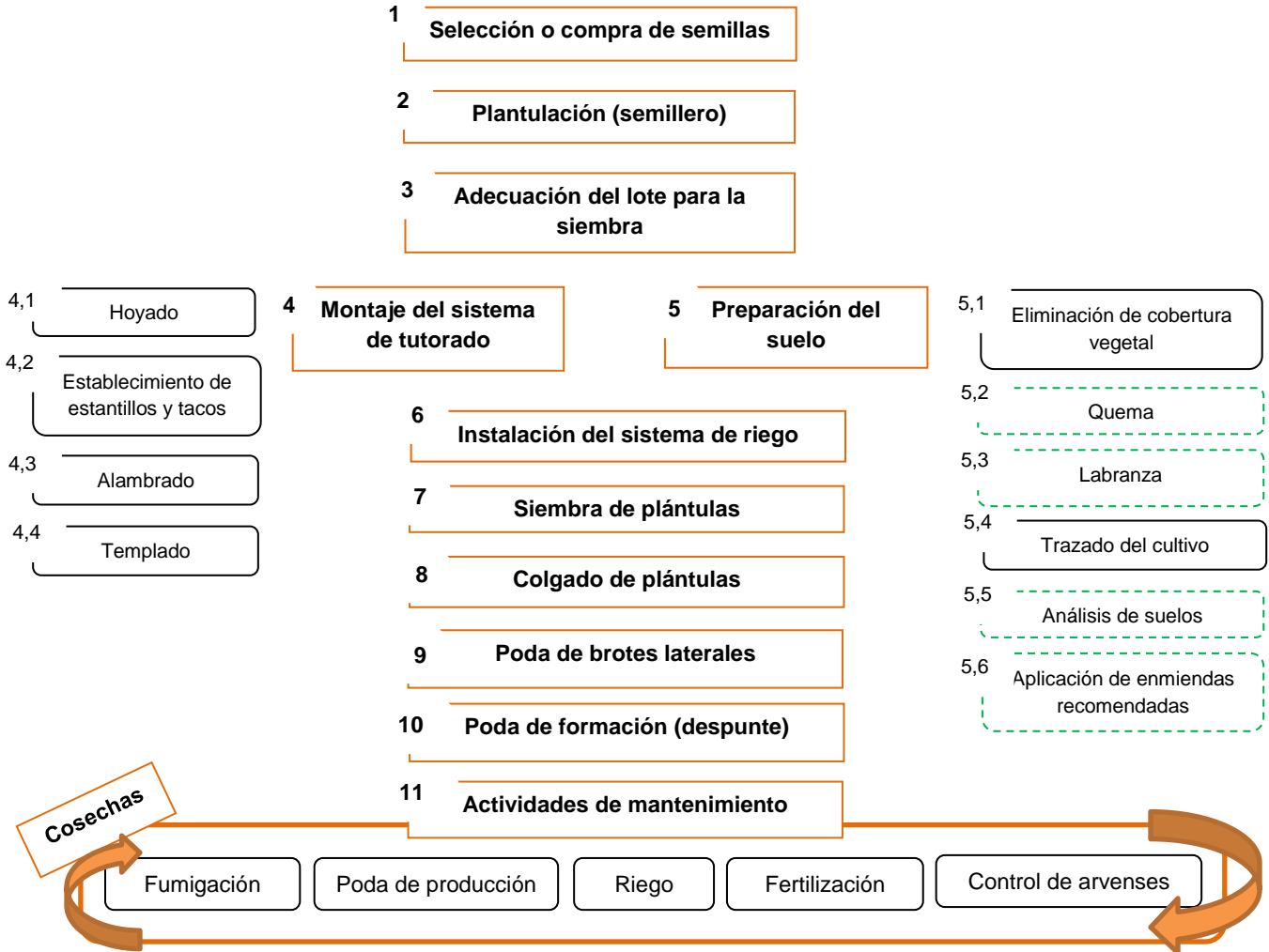
Uno de los factores de producción más importantes dentro del cultivo de cholupa, y que no está incluido dentro de las prácticas de manejo agrícola que se presentan en la Figura 3-3, es el servicio de la polinización. A grandes rasgos, dado que el tema se tratará a profundidad más adelante, la cholupa es considerada como una planta estrictamente alógama (de preferencia xenógama) y autoincompatible (Henao, 2013). Esto quiere decir, que las flores necesitan de polen externo, preferiblemente proveniente de otra planta, para que pueda ser posible la formación de los frutos, cuya efectividad se ha reportado, en trabajos realizados en Rivera, entre el 70% (Henao, 2013) y el 80%, con frutos

además significativamente más grandes y pesados (Rodríguez Calderón, 2014). En estas mismas investigaciones se ha observado que las flores excluidas de la acción de los polinizadores no forman frutos.

Las flores de la cholupa, en concordancia con la periodicidad de las cosechas, se producen constantemente a lo largo del año, con algunas épocas de mayor producción. Una sola flor presenta una antesis de aproximadamente 12 horas a partir de las 7:00 a.m. Durante este corto tiempo, distintos factores determinan el éxito reproductivo de cada una de ellas. Los principales factores son el despliegue floral (disposición espacial de las estructuras reproductivas), la receptividad estigmática, la viabilidad del polen y la producción de néctar como recompensa para los visitantes florales (Henao, 2013).

Por lo anterior, el papel de los polinizadores en el cultivo no es trivial y es un proceso altamente especializado. Depende, además de los factores reproductivos mencionados, del papel de cada una de las abejas visitantes (tamaño corporal, comportamiento y preferencias). La abeja común (*Apis mellifera*) por ejemplo, es un visitante muy frecuente a las flores de cholupa, lo que no garantiza que ejerza un papel efectivo en la reproducción de la planta. Las visitas de esta especie en horas de la mañana, se concentran en la recolección casi exclusiva de polen (no de néctar) para transportar a su nido, lo que limita los gametos disponibles para el transporte efectivo a otras flores del cultivo durante el resto del día. De este modo, las abejas nativas o abejorros, no sólo llevan mayor cantidad de polen por su tamaño corporal, significativamente mayor, y su acople morfológico con las estructuras florales, sino porque su comportamiento favorece la disponibilidad de gametos masculinos para la reproducción de la planta y no sólo para su alimentación (Rodríguez Calderón, 2014).

Figura 3-3: Esquema general del proceso productivo de la cholupa en el Huila



Las actividades de la 1 a la 10, se realizan una sola vez durante el montaje del cultivo. Las actividades de mantenimiento (11) son periódicas durante todo el ciclo de vida productivo del cultivo. Las actividades en casillas de borde continuo son comunes a todos los productores de cholupa y, por tanto, al sistema productivo. Por su lado, las actividades en casillas de borde punteado sólo las realizan algunos productores encuestados, pero corresponden a actividades recomendadas para el cultivo de cholupa en general.

3.2 Estructura Agroecológica Principal

Como resultado de la caracterización agroecológica de los cultivos de cholupa, en los municipios de Rivera y Campoalegre se obtuvieron los índices de EAP correspondientes (Tabla 3-3 y Figura 3-4) que oscilan entre estructuras ligeras a moderadamente desarrolladas. Los mejores resultados en promedio, fueron obtenidos para dos de las variables que tienen que ver con la relación entre la finca y el paisaje y la oferta de diversidad floral. Estas son la conexión con la estructura ecológica principal (EEP) y la diversificación de conectores externos (DCE).

Los menores resultados en promedio, se obtuvieron para las variables de diversificación al interior de los cultivos (DIC) y manejo de arvenses (MA). Entre ambas, se encuentra una correlación negativa significativa ($r = -0,38$; $p = 6,05 \text{ E-}6$) que estaría hablando sobre una menor diversidad de arvenses en el cultivo, a medida que las prácticas de manejo de éstas, son mejores. Dado que no es posible afirmar esto, se cree que la frecuencia y el método de manejo de arvenses (aspectos evaluados) no tienen relación con el sostenimiento o la pérdida de diversidad de arvenses en medio del cultivo. Estas variables pueden responder a otros factores como la resistencia de cada especie de hierba frente a cada método de manejo o la historia de uso del suelo previo a la instalación del cultivo de cholupa.

Es posible observar que las variables relacionadas con las prácticas de manejo y las percepciones y capacidad de acción, son las que presentan una peor estructura, en este sistema productivo. Sin embargo, un análisis más detallado al interior de cada uno de los componentes de la EAP, se presenta a continuación.

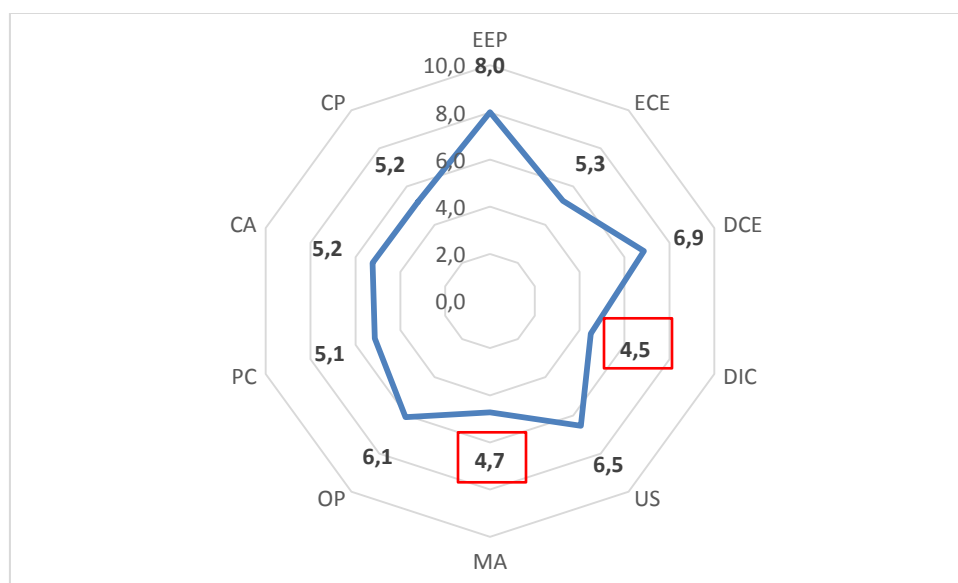
Tabla 3-3: Resultados de los componentes y el total de la EAP para las fincas evaluadas

Finca	EEP	ECE	DCE	DIC	US	MA	OP	PC	CA	CP	EAP
F1	10,0	9,5	6,6	4,6	7,9	5,0	7,3	3,4	2,7	6,5	63,4
F2	5,5	7,5	6,7	5,0	7,0	4,2	8,8	4,9	5,8	8,0	63,3
F3	7,7	5,4	7,7	4,5	5,5	4,2	7,5	5,2	7,1	4,0	58,7
F4	10,0	5,8	6,9	6,6	6,4	4,2	7,3	5,6	3,1	3,5	59,6
F5	8,0	4,7	6,2	6,3	6,6	4,2	4,8	5,8	7,4	5,8	59,8

Tabla 3-3: (Continuación)

Finca	EEP	ECE	DCE	DIC	US	MA	OP	PC	CA	CP	EAP
F6	6,2	5,4	6,7	3,1	6,9	4,2	5,5	5,8	3,4	4,7	51,8
F7	10,0	6,6	8,5	6,0	5,8	6,7	8,3	3,5	6,7	3,6	65,6
F8	8,0	6,1	6,5	0,6	5,2	5,8	3,3	4,0	2,4	4,1	46,2
F9	7,5	1,6	6,1	4,7	6,3	3,3	1,8	5,2	2,0	5,2	43,8
F10	10,0	5,4	5,7	3,1	5,2	5,0	3,3	3,0	3,0	5,0	48,7
F11	8,0	3,2	7,1	5,3	8,1	5,0	7,7	6,5	8,2	7,5	66,5
F12	5,1	7,2	6,9	4,9	7,9	3,3	7,3	6,5	7,1	6,5	62,6
F13	7,5	3,8	6,1	4,7	7,7	2,5	8,2	5,8	4,3	5,0	55,7
F14	9,5	2,0	8,9	5,8	6,7	5,0	5,5	6,3	7,4	5,2	62,2
F15	7,1	4,8	6,5	2,1	5,2	8,3	4,5	5,7	7,9	3,7	55,8
Promedio	8,0	5,3	6,9	4,5	6,5	4,7	6,1	5,1	5,2	5,2	

Figura 3-4: Gráfico con el valor promedio de los componentes de la EAP de las fincas productoras de cholupa.



3.2.1 Variables relacionadas con la conexión al paisaje asociado con el cultivo (EEP y ECE)

La zona en la que se encuentran las fincas muestreadas, corresponde a una matriz ecosistémica de bosque seco tropical y bosque seco con mosaicos, dentro de la unidad original de este importante ecosistema en el valle interandino del Magdalena. Aunque originalmente éste constituía uno de los biomas más extensos del país, actualmente se encuentra prácticamente a punto de desaparecer (Pizano & García, 2014).

La presencia de cercas vivas en las fincas (en mayor o menor medida) es una constante en los cultivos de cholupa y en general, en los distintos tipos de agroecosistema que se dan en la región. La expansión de la frontera agrícola es un fenómeno conspicuo en algunas áreas rurales de los municipios de Rivera y Campoalegre donde se da el cultivo de cholupa. Como lo expresaron algunos de los productores, ciertos lotes para la siembra de este frutal fueron adquiridos dentro de una matriz de bosque original que hace parte de grandes propiedades, con lo que su precio de mercado fue muy bajo respecto a lotes sin cobertura vegetal compleja.

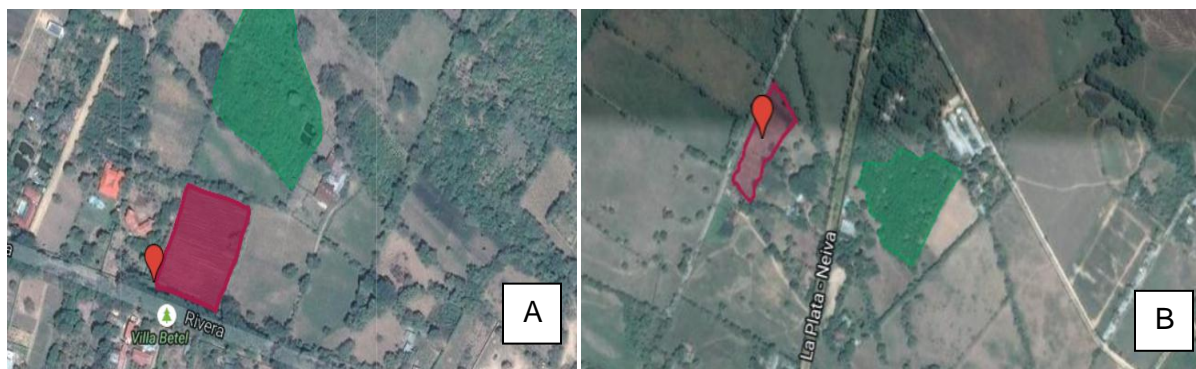
El descapote o eliminación total de la cobertura original del bosque, es una práctica inicial necesaria en el proceso de preparación del terreno para la siembra de distintos cultivos. Sin embargo, en los bordes de las parcelas se mantienen coberturas vegetales con una buena estructura y biodiversidad, lo que hace que las cercas vivas no sean intencionalmente sembradas, sino producto de la conservación de las áreas colindantes. De este modo, la conexión con el paisaje se mantiene en la mayoría de los agroecosistemas, en la medida en que las propiedades de grandes extensiones, no se parcelen intensivamente con fines agrícolas y por el contrario, conserven su matriz original.

Todas las fincas se encuentran a una distancia menor a 500 m. de un área de vegetación natural secundaria (Tabla 3-4) y sólo en dos casos, éstas áreas vegetales presentan una mala conectividad con los fragmentos aledaños (Figura 3-5). En promedio, las fincas evaluadas presentaron un 52,58% de su perímetro rodeado por cercas vivas, haciendo que el componente de extensión de conectores externos (ECE), cuente con un alto potencial de mejoramiento para la protección y aumento del SE de polinización de los cultivos.

Tabla 3-4: Resultado de la caracterización de los componentes EEP y ECE

Finca	Distancia a área de vegetación natural (m.)	Valor (5)	Conectividad del parche	Valor (5)	EEP	% Cerca viva	ECE
F1	0	5,0	Buena	5,0	10,0	94,7	9,5
F2	50	4,5	Mala	1,0	5,5	74,6	7,5
F3	485	2,7	Buena	5,0	7,7	53,6	5,4
F4	0	5,0	Buena	5,0	10,0	58,4	5,8
F5	0	5,0	Regular	3,0	8,0	47,1	4,7
F6	310	3,2	Regular	3,0	6,2	53,5	5,4
F7	0	5,0	Buena	5,0	10,0	66,1	6,6
F8	0	5,0	Regular	3,0	8,0	60,8	6,1
F9	45	4,5	Regular	3,0	7,5	15,9	1,6
F10	0	5,0	Buena	5,0	10,0	54,0	5,4
F11	0	5,0	Regular	3,0	8,0	31,8	3,2
F12	180	4,1	Mala	1,0	5,1	72,2	7,2
F13	63	4,5	Regular	3,0	7,5	38,2	3,8
F14	83	4,5	Buena	5,0	9,5	20,1	2,0
F15	195	4,1	Regular	3,0	7,1	47,7	4,8

Figura 3-5: Imágenes satelitales de los fragmentos de vegetación secundaria más cercanos a las fincas 2 (A) y 12 (B)



Los cultivos 2 (A) y 12 (B) se encuentran delimitados de color magenta en las fotografías aéreas. En verde, se demarcan los parches de vegetación secundaria más cercanos identificados, cuyos corredores hacia otros fragmentos son prácticamente nulos.

3.2.2 Variables relacionadas con la agrobiodiversidad florística (DCE y DIC)

La diversidad florística del área circundante y el interior de la finca, se midió principalmente a través del índice de diversidad de Simpson (1-D) que se entiende como una medida inversa al índice de dominancia (D). De este modo, un mayor índice de Simpson (cercano a 1) indica una mayor uniformidad en la distribución de las diferentes especies dentro de la comunidad, y por tanto una mayor diversidad. Por otro lado, un índice de Simpson cercano a 0 indica la presencia de muy pocas especies dominando la composición vegetal del área de estudio.

En este caso, los mayores índices de diversidad ($0,86 \pm 0,05$) se presentaron en el estrato arbóreo de las cercas vivas, en comparación con el estrato herbáceo tanto en los linderos ($0,43 \pm 0,09$) como en el interior de los cultivos ($0,44 \pm 0,17$). En las Tablas 3-5 y 3-6 se presentan los valores de diversidad por estrato y por finca, además de la riqueza (número de especies) en cada una de ellas. Aun cuando en promedio es el estrato más diverso, los árboles en los linderos de las fincas están representados en un menor número de especies (S), que oscila entre 8 y 19 por finca. Las hierbas llegan a las 39 especies en las cercas vivas (Finca 6) y a las 28 en el interior de los cultivos (Finca 12).

La alta diversidad de árboles de especies nativas en los linderos de las fincas (Anexo C) aportan una importante parte de los recursos alimenticios demandados por las abejas silvestres. Especialmente los árboles de la familia Fabaceae, como el matarratón (*Gliricida sepium*), el caño de fístero (*Senna* sp.) o el payandé (*Pithecellobium dulce*), el nogal cafetero (*Cordia alliodora*), distintas especies de la familia Melastomataceae (*Miconia* spp.), y algunas mirtáceas (*Myrcia* sp.). Estas especies o algunas con morfología floral similar dentro de las mismas familias, se han registrado en otras localidades, como plantas visitadas por *Xylocopa frontalis*, *Centris* spp. y otras abejas de hábitos solitarios que son polinizadoras efectivas de cholupa (Heithaus, 1979, citado por Vélez Velandia, 2012; Calderón, 2012; Peláez, 2004, citado por ICPA, 2016).

Más allá de la diversidad de recursos que pueden suplementar las dietas de las abejas nativas visitantes del cultivo de cholupa, presentes en los árboles de gran porte en los

linderos, éstos conforman importantes hábitats y sustratos de nidificación de las abejas polinizadoras (Potts *et al.*, 2003). Especialmente los abejorros de los géneros *Xylocopa*, *Centris* y *Eulaema* utilizan con frecuencia agujeros preexistentes en troncos de madera seca, en sitios resguardados de los disturbios. Estos sustratos, pueden hallarse en bosques o cercas vivas siempre y cuando tengan una estructura lo suficientemente desarrollada como para mantener madera seca (largos periodos de tiempo).

Tabla 3-5: Resultado de la caracterización del componente DCE

Finca	Estrato arbóreo				Estrato herbáceo					DCE
	Riqueza (S)	Diversidad (1-D)	N	Valor (5)	Riqueza (S)	Diversidad prom (1-D)	N	Desv. estándar	Valor (5)	
F1	16	0,89	4	4,44	33	0,43	20	0,28	2,15	6,6
F2	16	0,92	4	4,58	32	0,43	20	0,23	2,15	6,7
F3	13	0,77	5	7,69	*	*			*	7,7
F4	8	0,84	3	4,19	35	0,55	13	0,28	2,76	6,9
F5	17	0,92	3	4,61	15	0,32	15	0,26	1,62	6,2
F6	19	0,89	6	4,44	39	0,45	26	0,21	2,27	6,7
F7	10	0,85	2	8,45	*	*			*	8,5
F8	19	0,90	5	4,51	20	0,40	15	0,27	1,98	6,5
F9	8	0,75	3	3,77	21	0,48	10	0,18	2,38	6,1
F10	13	0,90	4	4,50	20	0,24	21	0,27	1,18	5,7
F11	13	0,87	4	4,36	30	0,55	20	0,17	2,75	7,1
F12	13	0,84	4	4,19	31	0,53	20	0,24	2,66	6,9
F13	10	0,82	2	4,08	15	0,40	20	0,21	2,01	6,1
F14	11	0,89	4	8,89	*	*			*	8,9
F15	14	0,89	4	4,47	19	0,40	17	0,28	1,99	6,5

Del mismo modo que la extensión de conectores externos, la diversidad de arbustos y árboles especialmente en los linderos de las fincas, presenta un alto potencial de incremento y consolidación de mejores y más desarrolladas estructuras vegetales. Una ventaja esencial es el mantenimiento de árboles de especies nativas de avanzada edad, en la mayoría de las fincas. Otras evaluaciones del índice de EAP realizadas en fincas

agroecológicas en ecosistema de bosque húmedo premontano (Bh- PM), con algunas especies arbóreas compartidas con el presente trabajo, han registrado de 18 a 53 especies de árboles y arbustos por finca, e índices de diversidad de Simpson en los conectores externos muy cercanos a 1,0 (Martínez Ramirez, 2014). Por lo tanto, se considera importante incrementar tanto la riqueza como la diversidad de este estrato en las cercas vivas.

Respecto a la diversidad de arvenses al interior y en los linderos del cultivo, es una ventaja la presencia de un número significativo de especies, lo que se traduce en una oferta de recursos florales diversa para las abejas. Sin embargo, los bajos índices de diversidad de Simpson, menores a 0,5 en promedio, expresan bajas probabilidades de elegir en un muestreo aleatorio, dos especies diferentes. En otras palabras, sólo algunas especies dominantes son muy abundantes y muchas se encuentran representadas por pocos individuos. El incremento de la diversidad floral de hierbas y su mantenimiento por lo menos en setos cercanos al cultivo, se ha recomendado especialmente para las poblaciones de polinizadores en cultivos de pasifloras (Arias- Suárez *et al.*, 2014), en los que el recurso predominante que se ofrecen es el néctar y distintas hierbas se consideran una excelente fuente de polen.

Tabla 3-6: Resultado de la caracterización del componente DIC

Finca	Riqueza (S)	Diversidad prom (1-D)	N	Desv. Estándar	DIC
F1	16	0,46	30	0,26	4,6
F2	21	0,50	30	0,18	5,0
F3	*	*	*	*	4,5
F4	16	0,66	15	0,12	6,6
F5	22	0,63	30	0,13	6,3
F6	15	0,31	30	0,27	3,1
F7	*	*	*	*	6,0
F8	7	0,06	30	0,20	0,6
F9	27	0,47	30	0,19	4,7
F10	14	0,31	30	0,29	3,1
F11	26	0,53	20	0,20	5,3

Tabla 3-6: (Continuación)

Finca	Riqueza (S)	Diversidad prom (1-D)	N	Desv. Estándar	DIC
F12	28	0,49	30	0,21	4,9
F13	20	0,47	30	0,24	4,7
F14	27	0,58	30	0,18	5,8
F15	17	0,21	30	0,27	2,1

En las fincas 3 y 7 no fue posible evaluar la diversidad de arvenses ni dentro ni fuera del cultivo, dado que, al momento de la caracterización en campo, los productores habían tumbado las plantas de cholupa y se encontraban readecuando el lote. El propietario de la finca 3 expresó haber perdido la inversión inicial por un ataque fuerte de plagas y el de la finca 7 había terminado el ciclo productivo del cultivo.

3.2.3 Variables relacionadas con el uso del suelo y las prácticas de manejo agrícola (US, MA, CP y OP)

Dentro de la variable correspondiente al uso y conservación del recurso suelo (US), que de acuerdo a la definición de León- Sicard (2014), se refiere a diversas características (equilibrio de nutrientes, mejoramiento de propiedades físicas, entre otras), pero especialmente a la presencia o no de fenómenos erosivos, se incluyeron en el presente trabajo las variables presentadas en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7: Resultado de la caracterización del componente US

Finca	% suelo desnudo	Valor (2,5)	Método de labranza	Valor (2,5)	Análisis de suelos Valor (2,5)	Enmiendas aplicadas al suelo	Valor (2,5)	US
F1	25,33	1,87	Tractor	1,0	2,5	P. orgánicos	2,5	7,9
F2	61,67	0,96	Tractor	1,0	2,5	P. orgánicos	2,5	7,0
F3	60,00	1,00	Tractor	1,0	1	P. orgánicos	2,5	5,5
F4	24,67	1,88	Tractor	1,0	1	P. orgánicos	2,5	6,4
F5	17,50	2,06	Tractor	1,0	2,5	P. químicos	1,0	6,6
F6	82,13	0,45	Manual	1,5	2,5	P. orgánicos	2,5	6,9
F7	50,00	1,25	No hay	2,5	1	P. químicos	1,0	5,8
F8	70,67	0,73	No hay	2,5	1	P. químicos	1,0	5,2
F9	49,67	1,26	No hay	2,5	1	No se aplican	1,5	6,3

Tabla 3-7: (Continuación)

Finca	% suelo desnudo	Valor (2,5)	Método de labranza	Valor (2,5)	Análisis de suelos Valor (2,5)	Enmiendas aplicadas al suelo	Valor (2,5)	US
F10	71,67	0,71	No hay	2,5	1	P. químicos	1,0	5,2
F11	38,00	1,55	Manual	1,5	2,5	P. orgánicos	2,5	8,1
F12	24,17	1,90	Tractor	1,0	2,5	P. orgánicos	2,5	7,9
F13	52,33	1,19	Manual	1,5	2,5	P. orgánicos	2,5	7,7
F14	31,67	1,71	Manual	1,5	2,5	P. químicos	1,0	6,7
F15	71,73	0,71	No hay	2,5	1	P. químicos	1,0	5,2

Debido a que los sistemas productivos de cholupa caracterizados en Rivera y en Campoalegre, son en su gran mayoría monocultivos, lo que genera la equivalencia entre los agroecosistemas mayores (fincas) y menores (cultivos), se realizó una aproximación a los procesos erosivos a través del porcentaje de suelo desnudo dentro del cultivo. Este porcentaje se midió en el mismo momento en que se registró la diversidad de arvenses, procurando coincidir con un período intermedio entre dos episodios de control de estas plantas. De este modo se quiso asegurar que se capturara la biodiversidad y el estado del suelo promedio en el cultivo.

Dado que el manejo de arvenses se relaciona con el mantenimiento de cobertura vegetal, se realizó una prueba de correlación lineal entre el porcentaje de suelo desnudo y el valor asignado al método de control de arvenses utilizado (Tabla 3-8). La correlación entre ambas variables es negativa y equivale a un coeficiente r de -0,24 (p -valor= 2,56 E-19). Es decir que, aunque el método de manejo de arvenses no determine específicamente la diversidad de hierbas permanentes al interior del cultivo, sí está relacionado con la cobertura vegetal que se mantenga en el suelo. Como se puede observar en la Tabla 3-8, el suelo desnudo al interior del cultivo es altamente variable entre las fincas evaluadas. Oscila entre 17% y 83%.

Respecto al método de labranza utilizado, un 40% de las fincas contrataron un tractor y el otro 40% no prepararon el suelo mediante ningún método físico adicional a la hoyada para la siembra de las plantas y el establecimiento de los estantillos. La razón principal expresada por los productores para no contratar un tractor o realizar la labranza manualmente (20% de las fincas) fue la presencia en el terreno de gran cantidad de rocas de gran porte (Figura 3-6) representativas de la matriz original. Estos terrenos

coinciden con precios de arrendamiento muy inferiores a los establecidos para terrenos planos y “limpios”. Es así como los productores prefieren reducir sus costos de arrendamiento, pero aumentar el esfuerzo de trabajo (que muchos realizan ellos mismos sin contratación de jornales adicionales) para limpiar los terrenos, altamente quebrados y de difícil manejo.

La aplicación de un análisis de suelos previo a la siembra de las plantas, es una práctica muy importante para algunos productores, sobre todo en el cultivo de cholupa, cuyos lotes de siembra son arrendados y no se conoce la historia productiva del suelo. Sin embargo, el principal impedimento para que algunos de ellos realicen estos análisis y tomen la decisión de aplicar las enmiendas recomendadas, es el costo de la evaluación de suelos. La Cooperativa Cholupa del Huila, ha dado algunas facilidades, mediante convenios para realizar los análisis a menor costo para los asociados. Pero hay productores no asociados que no cuentan con los recursos financieros necesarios, o no consideran que sea indispensable invertir en este servicio.

Figura 3-6: Fotografía de una finca con rocas de gran tamaño en toda el área del cultivo



Respecto a la fertilización química de los terrenos para la siembra, se indagó únicamente por los productos aplicados antes del establecimiento del cultivo (como medida de preparación del suelo), dada la alta variabilidad en la aplicación de enmiendas periódicamente al suelo durante el mantenimiento del cultivo a lo largo de todo el ciclo productivo. Esta aplicación periódica depende tanto del estadio del cultivo, como de las prácticas particulares de cada productor (en respuesta a la asistencia técnica recibida), así como del acceso a los productos (facilidad de compra y solvencia económica).

Los productos aplicados al suelo en su fase de preparación, son variados, por lo que fueron categorizados como “productos orgánicos” o “productos químicos”. Las dos categorías están muy relacionadas con las elecciones del productor sobre el manejo del suelo, dado que, por lo general, no se mezclan productos biológicos u orgánicos con los productos de síntesis química (para preparación del suelo) en la misma finca.

Dentro de los productos orgánicos utilizados se encontró la aplicación común de cal, mezclas comerciales de fósforo, calcio, sodio, magnesio, entre otros, y materia orgánica para descomposición. En general, dentro de esta categoría se incluyen sobretodo, nutrientes, pocos productos para control biológico de microorganismos del suelo, y ningún tipo de herbicida. Algunos productores han experimentado de manera autónoma la efectividad de ciertos productos y combinaciones de productos biológicos; de hecho, uno de ellos produce su propio lombricompost para la aplicación y lo suministra dentro de la Asociación de Cholupa del Huila a quienes estén interesados. Además, algunos productos biológicos en el mercado son preferidos por ciertos productores, frente a las alternativas químicas. Dentro de estos encontramos *Strong billow*, un bioestimulante que aumenta la capacidad de intercambio catiónico y en general las reacciones biológicas en el suelo, y *Safermix* o *Safersoil* a base de hongos como *Beauveria bassiana* o *Trichoderma* sp. y la bacteria *Bacillus turingensis*, con el objetivo de controlar tanto insectos plaga como hongos y nematodos fitoparásitos.

Respecto a los productos químicos aplicados al suelo, predominan diferentes herbicidas y plaguicidas de amplio espectro y alta toxicidad, y al contrario que la categoría de “productos orgánicos”, se usa menor cantidad de nutrientes o estimulantes del suelo. Entre los que se destacan por su peligrosidad, se encuentran los herbicidas *Gramoxone* (paraquat) y *Máster* (metanoarsonato monosódico) y los insecticidas *Furadán* (carbofurano) y *Lorsban* (clorpirifós).

Cabe resaltar que seis de las ocho fincas donde se realizaron análisis de suelos previos a la siembra, se caracterizan por utilizar productos dentro de la categoría “orgánicos”. Aun cuando esto no se evaluó directamente con la encuesta aplicada, es de esperarse que la inversión asociada a los análisis de suelo, que algunos productores sí realizaron, haya sido aprovechada en el sentido de seguir las recomendaciones de suplementación nutricional en aquellos componentes identificados como críticos en los respectivos análisis.

De acuerdo al consolidado para la variable de “uso y conservación del suelo” (US) (Tabla 3-7), un tercio de las fincas evaluadas presentan resultados mayores a 7 y ninguna se encuentra por debajo de 5. Uno de los factores que se consideran determinantes en las prácticas de manejo del suelo en la región, es la limitación financiera. Del mismo modo en que se vio una relación entre las fincas que aplican enmiendas orgánicas y las que realizan previamente un análisis de suelos, aquellas que no implementan ningún método de labranza, tampoco realizan dichos análisis. Tanto la labranza con tractor, que cuesta en promedio \$400.000/Ha., como los análisis de suelos que equivalen en promedio a \$260.000/año, son considerados como un costo demasiado alto. El uso de tractor para la labranza también se relaciona con las limitaciones físicas del terreno, como se mencionó anteriormente.

Con relación al manejo de arvenses en el cultivo (Tabla 3-8), este se hace cada 1 a 6 meses y es común la combinación de métodos intercalándolos en el tiempo. Principalmente la aplicación de herbicidas alrededor de cada planta, alternada con la guadaña en los corredores de la finca, es una práctica implementada por cerca de la mitad de los productores encuestados.

Tabla 3-8: Resultados de la caracterización del componente MA

Finca	Frecuencia del control de arvenses (meses)	Valor (5)	Método de control de arvenses ¹	Valor (5)	MA
F1	1	0,83	A-B-C	4,17	5,0
F2	2	1,67	C	2,50	4,2
F3	1	0,83	B-C	3,33	4,2
F4	1	0,83	B-C	3,33	4,2
F5	1	0,83	B-C	3,33	4,2
F6	3	2,50	B	1,67	4,2
F7	3	2,50	A-B	4,17	6,7

Tabla 3-8: (Continuación)

Finca	Frecuencia del control de arvenses (meses)	Valor (5)	Método de control de arvenses ¹	Valor (5)	MA
F8	3	2,50	B-C	3,33	5,8
F9	2	1,67	B	1,67	3,3
F10	2	1,67	B-C	3,33	5,0
F11	3	2,50	C	2,50	5,0
F12	1	0,83	C	2,50	3,3
F13	2	1,67	C-D	0,83	2,5
F14	2	1,67	B-C	3,33	5,0
F15	6	5,00	B-C	3,33	8,3

¹Los métodos de control de arvenses identificados son: manual (A), químico (B), con guadaña (C) y quema (D).

Como se describió anteriormente, el uso exclusivo de métodos químicos de control de arvenses o la combinación entre la guadaña y la quema de las mismas, genera suelos mucho más desnudos dentro de los cultivos, que el control manual en alguna combinación. Esto incrementa los procesos erosivos, altera la estructura del suelo y cambia los microclimas que pueden permitir la permanencia de comunidades biodiversas. Aunque algunas abejas silvestres visitantes de los cultivos de cholupa construyen sus nidos a modo de túneles en el suelo, los efectos de la pérdida de estructura y biodiversidad edáfica pueden ser sobre ellas mucho más indirectos que directos.

El control de plagas es una de las prácticas más importantes para los productores de cholupa, en cuanto a que el mal manejo de éstas puede implicar la pérdida total de la cosecha y de la inversión, convirtiéndose en un factor de producción esencial. Sin embargo, el *trade-off* generado entre el uso de productos insecticidas y contaminantes, y la protección de la polinización, del mismo modo indispensable, hace que se deban vincular ambos servicios hacia alternativas de manejo sustentables.

Para la cholupa, los productores encuestados identifican principalmente las siguientes plagas: la mosca del botón floral (*Dasiops inedulis*), el gusano cosechero (*Agraulis vanillae*), los trips (*Neohydatothrips* sp.), la arañita roja (*Tetranychus urticae*), el cucarro negro (*Monomacra* sp.) y los nematosis (*Meloidogyne incognita*). Son pocos los productores que aplican un producto consientes de la especificidad para una plaga en

particular. La tendencia general, es a aplicar productos de choque, una vez los ataques son muy fuertes, y hacer resistencia a un amplio espectro de organismos.

Dentro de los métodos de control utilizados, el químico es predominante (Tabla 3-9) y todos los productores afirman que se requiere en mayor o menor medida. Los controles culturales hacen referencia al seguimiento de la plaga en el cultivo y la toma de decisiones frente a la aplicación de plaguicidas, una vez la población de la plaga ha sobrepasado los límites recomendados. Además, quienes practican este tipo de control, prefieren erradicar los gusanos o coleópteros plaga, de manera manual en recorridos periódicos por el cultivo, mientras su población es aun manejable. Este seguimiento permite, del mismo modo, planear la frecuencia de aplicación de plaguicidas con respecto a la situación real de la plaga y no hacerlo periódicamente con el pretexto de “controlar y prevenir” la aparición de nuevos episodios.

Las mezclas de productos, por su parte, pueden generar efectos combinados no sólo sobre las plagas identificadas en el cultivo, sino sobre el resto de biodiversidad presente en él, incluyendo a los polinizadores. Sin embargo, en respuesta a la creencia de una mayor efectividad y a la asistencia técnica recibida, en la mayoría de los casos, de ingenieros agrónomos extensionistas de productos químicos o casas comerciales, la mezcla de estos es común en la cholupa.

Tabla 3-9: Resultado de la caracterización del componente CP

Finca	Método de control de plagas*	Valor (1)	Frecuencia fumigación (días)	Valor (2)	Mezclas de productos Valor (1)	Hora de aplicación	Valor (1)	Toxicidad \bar{X} de plaguicidas	Valor (5)	CP
F1	N/Q/C	0,67	15	1,00	1	6:00 a.m.	0,7	2,47	3,1	6,4
F2	N/Q/C	0,67	20	1,33	1	6:30 a.m.	0,4	3,67	4,6	8,0
F3	Q	0,00	20	1,33	1	6:30 a.m.	0,4	1,00	1,3	4,0
F4	Q	0,00	8	0,53	0	6:30 a.m.	0,4	2,07	2,6	3,5
F5	Q	0,00	15	1,00	0	5:30 a.m.	1	3,00	3,8	5,7
F6	Q/C	0,67	8	0,53	0	6:00 a.m.	0,7	2,25	2,8	4,7
F7	Q/N	0,33	5	0,33	0	8:00 a.m.	0	2,33	2,9	3,6
F8	Q	0,00	10	0,67	0	6:00 a.m.	0,7	2,21	2,8	4,1
F9	Q	0,00	8	0,53	1	6:00 a.m.	0,7	2,33	2,9	5,1
F10	Q	0,00	8	0,53	1	6:00 a.m.	0,7	2,20	2,8	5,0
F11	Q/N	0,33	30	2,00	1	7:00 a.m.	0,2	3,17	4,0	7,5

Tabla 3-9: (Continuación)

Finca	Método de control de plagas*	Valor (1)	Frecuencia fumigación (días)	Valor (2)	Mezclas de productos Valor (1)	Hora de aplicación	Valor (1)	Toxicidad \bar{X} de plaguicidas	Valor (5)	CP
F12	Q	0,00	30	2,00	0	6:00 a.m.	0,7	3,00	3,8	6,5
F13	Q/N	0,33	8	0,53	0	6:00 a.m.	0,7	2,75	3,4	5,0
F14	Q	0	8	0,53	1	6:00 a.m.	0,7	2,33	2,9	5,1
F15	Q	0	8	0,53	0	6:00 a.m.	0,7	2,00	2,5	3,7

*Método de control de plagas químico (Q), natural (N) o cultural (C).

Teniendo en cuenta que todos los productores optan por utilizar plaguicidas de síntesis química en algún momento, la hora de aplicación incide necesariamente en el efecto de estos plaguicidas sobre los insectos visitantes de las flores. En concordancia con la fenología floral de la cholupa estudiada en la región por Henao (2013), en promedio la antesis se produce a las 7:00 a.m. por lo que fumigar alrededor de esa hora, multiplica el riesgo de afectación de polinizadores. La mayoría de los productores, expresó realizar esta práctica lo más temprano posible (Tabla 3-9).

Finalmente, la principal variable indicadora del impacto de los plaguicidas utilizados sobre los insectos polinizadores, es la toxicidad promedio reportada para los productos. La cantidad total de productos químicos aplicados, por ejemplo, no pudo ser evaluada con certeza dada la renuencia de algunos productores a hablar del tema por temor a ser sancionados o señalados. Sobre los productos mencionados por ellos y los envases vacíos observados en muchos cultivos acumulados a las orillas de estos, se halló y promedió el grado de toxicidad (Tabla 3-9) que, de acuerdo a la reglamentación vigente para Colombia, oscila entre I (extremadamente peligroso) y IV (tóxico).

Dentro de los plaguicidas reportados en la encuesta se hallaron cuatro no permitidos en Colombia (sin registro nacional ICA) por su alta peligrosidad. Sus nombres comerciales son *confidor* (neonicotinoide), *monocrotofos* (organofosforado), *piloto* (organofosforado) y *furadan* (carbamato). 11 de los 15 productores encuestados, utilizan al menos uno de estos productos. Por otro lado, se registraron 8 productos biológicos con los menores grados de toxicidad registrados, los cuales son utilizados por cinco de los encuestados; y 16 plaguicidas químicos adicionales con distintos grados de toxicidad.

Respecto al componente de “otras prácticas” (OP), se ha planteado como la forma de evaluar si en general las decisiones ideológicas de los productores sobre sus cultivos responden a modelos ecológicos o convencionales (León- Sicard, 2014). Aunque ninguno de los aspectos evaluados en este componente (Tabla 3-10) influye directamente en la configuración de las poblaciones de abejas silvestres, sí se relacionan con las motivaciones de los productores y las aspiraciones que tienen para sus sistemas de cultivo.

El manejo del agua, sólo fue evaluado respecto a la frecuencia de aplicación de riego en los cultivos, dado que el método predominantemente utilizado es el de riego por gravedad, en el que se trazan algunos canales entre las plantas de cholupa para que, de fuentes de agua naturales de partes altas, ésta fluya de una manera bien distribuida, en el momento en que sea necesario. Si bien este aspecto puede ser analizado en mayor profundidad en otro tipo de investigaciones y es indispensable para determinar el carácter *agroecológico* o no de una finca, solo se incluye de manera parcial en el presente trabajo y no se considera de especial importancia para el SE específico de la polinización.

Por otro lado, la forma de obtener la semilla determina la autonomía que tiene cada uno de los productores frente a su cultivo, además de controlar los tratamientos que se le hagan a la misma, pre germinación. Algunos de ellos pueden influir indirectamente en la calidad y sanidad de la oferta de recursos de néctar y polen para las abejas silvestres, como se detallará más adelante. El conocimiento e interés sobre procesos de certificación de productos o cultivos ecológicos, da cuenta de la intención que tienen algunos productores de cambio en sus prácticas agrícolas con base en procesos menos perjudiciales para el ambiente.

Sobre el componente OP, las fincas 8, 9 y 10 son las que presentan el peor puntaje relacionado con un interés nulo en el cambio de sus prácticas a través de procesos de certificación. El componente en promedio, para todas las fincas, presenta un valor de 6,1 y sus valores son significativamente altos en algunas de ellas. Esto implica la posibilidad de trabajo enfocado a la transformación de prácticas con una proporción importante de productores.

Tabla 3-10: Resultado de la caracterización del componente OP

Finca	Obtención de semilla ¹ Valor (2,5)	Frecuencia de aplicación de riego (días)	Valor (2,5)	Conocimiento de certificaciones ecológicas Valor (2,5)	Interés en procesos de certificación Valor (2,5)	OP
F1	1,0	8	1,33	2,5	2,5	7,3
F2	2,5	8	1,33	2,5	2,5	8,8
F3	2,5	15	2,50	0,0	2,5	7,5
F4	1,0	8	1,33	2,5	2,5	7,3
F5	1,0	8	1,33	0,0	2,5	4,8
F6	2,0	6	1,00	2,5	0,0	5,5
F7	2,5	5	0,83	2,5	2,5	8,3
F8	2,0	8	1,33	0,0	0,0	3,3
F9	1,0	5	0,83	0,0	0,0	1,8
F10	2,0	8	1,33	0,0	0,0	3,3
F11	2,5	1	0,17	2,5	2,5	7,7
F12	1,0	8	1,33	2,5	2,5	7,3
F13	2,5	4	0,67	2,5	2,5	8,2
F14	2,5	3	0,50	0,0	2,5	5,5
F15	2,0	15	2,50	0,0	0,0	4,5

¹Obtención de semilla: compra en casa comercial (1,0); compra en vivero (2,0); selección propia (2,5).

3.2.4 Variables relacionadas con las percepciones y la capacidad de acción (PC y CA)

La percepción de los productores de cholupa frente a la polinización, se caracteriza en todos los casos por el reconocimiento de la importancia de esta función para su producción. Todos indican una relación entre la cantidad de abejas (algunas veces se percibe una relación negativa) y abejorros (positiva), y la productividad de sus cultivos. Sin embargo, al indagar sobre su opinión frente a la disminución de estos insectos en la región, no todos consideran que sea un fenómeno de gran magnitud (Tabla 3-11). Cuatro de los productores encuestados piensan que la abundancia de los polinizadores de muchos años hacia acá, se ha mantenido estable y tres de los que consideran que ha habido una disminución, no la consideran muy drástica. Una de las justificaciones dadas para esta percepción fue que las prohibiciones y estrategias de control del uso de plaguicidas nocivos han ido en aumento. Es decir, que se cree que hace muchos años, el abuso de estos productos era mucho mayor.

Tabla 3-11: Resultado de la caracterización del componente PC

Finca	Visitantes identifica _dos	Valor (2,5)	Prop. roles bien asignado s ¹	Valor (2,5)	Δ cantida d de abejas ²	Mgntd. de la disminu ción ³	Valor (2,5)	No \bar{X} funciones /cobertur a ⁴	Valor (2,5)	PC
F1	2/8	0,63	0,50	1,25	D	A	0,63	1,50	0,87	3,4
F2	2/8	0,63	0,50	1,25	D	C	1,88	2,00	1,15	4,9
F3	6/8	1,88	0,83	2,08	D	A	0,63	1,00	0,58	5,2
F4	1/8	0,31	0,67	1,67	D	D	2,50	2,00	1,15	5,6
F5	4/8	1,25	0,75	1,88	D	C	1,88	1,33	0,77	5,8
F6	6/8	1,88	0,86	2,14	D	B	1,25	1,00	0,58	5,8
F7	3/8	0,94	0,67	1,67	SC	-	0,00	1,50	0,87	3,5
F8	4/8	1,25	0,75	1,88	SC	-	0,00	1,50	0,87	4,0
F9	2/8	0,63	0,50	1,25	D	D	2,50	1,50	0,87	5,2
F10	0/8	0,00	0,50	1,25	SC	-	0,00	3,00	1,73	3,0
F11	4/8	1,25	0,80	2,00	D	C	1,88	2,33	1,35	6,5
F12	5/8	1,56	0,50	1,25	D	D	2,50	2,00	1,15	6,5
F13	1/8	0,31	1,00	2,50	D	C	1,88	2,00	1,15	5,8
F14	4/8	1,25	1,00	2,50	SC	-	0,00	4,33	2,50	6,3
F15	1/8	0,31	0,60	1,50	D	C	1,88	3,50	2,02	5,7

¹Se consideraron los roles funcionales polinizador (positivo), visitante (neutral) y plaga (negativo). La proporción se calculó sobre el número de visitantes florales identificados. ²Se considera que la cantidad de abejas ha disminuido (D) o no sufrió ningún cambio (SC). ³Las magnitudes de disminución son un poco (A), cerca de la mitad (B), más de la mitad (C) y bastante (D). ⁴Las tres coberturas tenidas en cuenta fueron cercas vivas, bosques y jardines. El número promedio de funciones identificadas se calculó sobre las coberturas presentes en la finca.

La identificación de visitantes florales del cultivo, se hace por parte de los productores a nivel de dos grupos principales: las abejas (*Apis mellifera*) y los abejorros (todas las especies nativas de gran tamaño). A un mayor nivel de detalle, son muy pocas las especies que se identifican. Del total de 8 especies más abundantes en Rivera, estimado por Rodríguez (2014), 11 de los encuestados identifica menos de la mitad y adicionalmente, asigna de manera equivocada los roles funcionales a algunas de ellas (Tabla 3-11). De manera interesante, cuatro de los productores encuestados, recalcaron la importancia de los colibrís en la polinización, aunque en la encuesta no se hiciera alusión a ellos.

Sobre las funciones asignadas a las coberturas vegetales más comunes asociadas a los cultivos (cercas vivas, bosques y jardines), estas son en general diversas entre el grupo

de encuestados. Por un lado, se encuentran algunas funciones ecológicas identificadas para las cercas vivas, tales como el sostenimiento de la biodiversidad, el control de plagas y fuertes vientos y la protección del agua. Para esta cobertura también se identifican funciones productivas tales como la provisión de madera para realizar el montaje de tutorado del cultivo de cholupa (mencionada por los propietarios de lotes), la división de lotes y la función de barrera para el paso de animales grandes.

Sobre los bosques, se destaca su importancia en la protección del agua y del aire y se incluye dentro de esta categoría a las labranzas de cacao que se tienen en algunas fincas, atribuyéndoles la función de provisión de alimento para la subsistencia. Los jardines, por su parte, no son comunes en asocio a los cultivos (monocultivos) de cholupa. Dentro de las pocas personas que mantienen esta cobertura en sus fincas, solo una identifica su importancia como atrayente de abejas; las demás perciben su utilidad exclusivamente en términos del embellecimiento de la finca.

Respecto al tema de la agricultura orgánica o ecológica, los productores lo asocian principalmente al uso de productos de síntesis biológica para mantener sus cultivos. En este tipo de productos, hay varios productores interesados. El proceso constante de capacitación en Buenas Prácticas Agrícolas- BPA impartido en la Cooperativa Cholupa del Huila por Asohofrucol, ha hecho que quienes se mantienen activos en esa cooperativa, se interesen en el uso de productos permitidos, en las cantidades recomendadas y con las medidas adecuadas de uso y manejo. Respecto al uso de productos biológicos, sin embargo, no hay un conocimiento amplio en la región. El 20% de los productores reciben asistencia técnica de las casas comerciales y el 46,7% de ingenieros agrónomos particulares, enviados en su mayoría por el ICA-Huila. Solo uno de los 15 productores encuestados, produce sus propios insumos biológicos y realiza pruebas de efectividad en su cultivo de manera autodidacta. Esto hace que los productos utilizados continúen siendo de síntesis química, aun cuando la mayoría de productores expresa una preocupación profunda por la pérdida de biodiversidad y los riesgos a la salud asociados a estos productos.

De manera adicional a las percepciones de los productores frente al servicio ecosistémico, la capacidad de acción es determinante para estimar el potencial de provisión en un posible esquema de PSA. Los resultados para esta variable (Tabla 3-12) se encuentran fuertemente influenciados por la propiedad de la tierra, a la que se le dio

un peso mucho mayor en la estimación de ese aspecto. Pese a que se considera que los productores arrendatarios, tienen gran incidencia en la protección de los polinizadores dadas sus prácticas culturales en el cultivo, la capacidad de modificar la distribución de los usos del suelo dentro de la propiedad da una mayor posibilidad de acción a los propietarios.

Tabla 3-12: Resultado de la caracterización del componente CA

Finca	Propiedad de la tierra ¹ Valor (4)	Causas de pérdida de polinizadores Valor (1,5)	Interés y beneficios de la A.O ² Valor (1,5)	Disponibilidad económica por cosecha ³	Valor (1,5)	Diversidad productiva (No.)	Valor (1,5)	CA
F1	1	1,00	0,50	\$ 647.833	0,08	1	0,15	2,7
F2	1	1,50	1,50	\$ 9.225.000	1,15	4	0,60	5,8
F3	4	1,50	1,00	-\$ 674.000	0,00	4	0,60	7,1
F4	1	0,75	0,75	-\$ 2.739.444	0,00	4	0,60	3,1
F5	4	1,50	0,75	\$ 7.102.083	0,89	2	0,30	7,4
F6	1	1,50	0,00	\$ 2.156.667	0,27	4	0,60	3,4
F7	4	0,00	1,50	\$ 5.909.111	0,74	3	0,45	6,7
F8	1	0,00	0,00	\$ 11.474.804	1,43	0	0,00	2,4
F9	1	0,00	0,00	\$ 8.230.821	1,03	0	0,00	2,0
F10	1	0,00	1,20	\$ 5.475.000	0,68	1	0,15	3,0
F11	4	1,50	0,75	\$ 9.997.778	1,25	5	0,75	8,2
F12	4	1,50	0,86	\$ 4.710.000	0,59	1	0,15	7,1
F13	1	1,50	1,20	\$ 304.000	0,04	4	0,60	4,3
F14	4	0,00	1,13	\$ 6.220.000	0,78	10	1,50	7,4
F15	4	1,50	0,90	\$ 5.797.778	0,72	5	0,75	7,9

¹Propietario= 4; arrendatario= 1. ²Interés demostrado en la A.O (No. de beneficios identificados/No. de riesgos). ³Ganancias netas por cosecha (4 meses) por concepto de la producción de cholupa (Ingresos- Costos).

Un poco más de la mitad de productores encuestados reconoce que la principal causa de pérdida de polinizadores (si considera que se han perdido), corresponde a acciones relacionadas con él y sus prácticas de manejo (Tabla 3-12). Estos factores son nombrados esencialmente como “la aplicación de agroquímicos” y la “intensificación de los cultivos”. Los demás consideran que la pérdida de polinizadores a nivel global, responde a factores externos, dentro de los cuales no reconocen una incidencia directa.

Estos factores son el cambio climático, la tala de bosques y las enfermedades de las colmenas.

Tres de los encuestados (F6, F8, F9) reconocen no tener ningún interés en la implementación de la agricultura orgánica como práctica en sus cultivos. Ellos identifican más riesgos y problemas en este tipo de manejo, que los aparentes beneficios que tiene. Los principales riesgos identificados por la mayoría de encuestados son la disminución de los rendimientos de los cultivos; el incremento de los costos de producción; la falta de información y asistencia técnica de confianza al respecto; el difícil acceso a productos orgánicos en Rivera y una posible falta de conciencia y especialización por parte de los compradores específicos de ese producto. Respecto a los beneficios, se relacionan principalmente con el cuidado de la salud, el mejoramiento de la calidad de vida y eventualmente la disminución de costos de producción. El mejoramiento de la calidad de los productos se ve con precaución y se piensa que es relativo o que se puede garantizar, utilizando productos orgánicos mezclados con el control químico.

Al comparar los resultados de los componentes OP; PC y CA, se puede observar que las fincas 8, 9 y 10 presentan valores críticos (menores a 5,0) en todos ellos. Las motivaciones que tienen en cuenta sus propietarios al momento de tomar decisiones en sus cultivos y la capacidad de acción frente a un cambio, por lo tanto, son muy importantes para configurar las demás variables de la estructura de su agroecosistema. Los valores de la EAP para estas tres fincas son los más bajos estimados y los únicos menores a 50%. Teniendo en cuenta que los productores de estas fincas son arrendatarios, cabe destacar que dentro del cálculo de EAP, de cada una de ellas, los mejores valores corresponden a las variables sobre las que no tienen incidencia directa, es decir, la conexión con la EEP, la extensión (ECE) y diversidad de conectores externos (DCE).

Como se puede observar en los resultados sobre la capacidad de acción (Tabla 3-12), la disponibilidad económica mensual es altamente variable. Llamen especialmente la atención las fincas 3 y 4, cuya rentabilidad es negativa. Sin embargo, para la finca 3, el valor total del aspecto de capacidad de acción (CA) es bastante bueno (7,1), gracias a que la intención del productor (su interés en el mejoramiento de las prácticas y el reconocerse responsable de la pérdida de polinizadores) lo convierte en una persona mucho más capaz de transformar su proceso productivo. Esto sumado, al hecho de que

es propietario del lote de cultivo y que tiene una serie de alternativas económicas (4) a las que acudirá en un momento de pérdida económica, como el que pasa actualmente.

En contraste, la mayor disponibilidad económica la tiene el productor de la finca 8, con más de \$11.000.000 netos disponibles mensualmente. Pero su capacidad de acción es una de las más bajas (2,4) dado que no tiene ningún interés en un cambio tecnológico o cultural, no es propietario de la tierra, ni ha considerado implementar actividades productivas adicionales al cultivo de cholupa. Estas grandes diferencias respecto al aspecto de la capacidad de acción, serán determinantes al momento de definir la sostenibilidad en el tiempo, de un posible esquema de PSA; sobre todo si este se basa en pagos económicos, que no son los más restrictivos en el sistema estudiado. El tema de la sostenibilidad de un posible esquema de PSA será desarrollado en detalle en el siguiente capítulo.

4.Resultados: Elementos principales para el diseño de un posible esquema de pago por conservación del servicio de polinización natural

El ajuste o no del servicio de polinización natural a una estrategia de conservación como los esquemas de PSA, dependerá de diversos factores relacionados con cada elemento crítico del esquema ya discutido en el marco teórico, así como de las definiciones establecidas en los documentos de política a nivel nacional para la implementación de los mismos, que incluyen el decreto ley 870/2017 y la ley 1753/2015 (Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018) en su artículo 174, específicamente relativo a los esquemas de PSA.

Frente al decreto ley 870/2017, su fin principal es “establecer las directrices para el desarrollo de los Pagos por Servicios Ambientales y otros incentivos a la conservación que permitan el mantenimiento y la generación de servicios ambientales en áreas y ecosistemas estratégicos, a través de acciones de preservación y restauración”. Es en esta última categoría, relacionada con la restauración de servicios ecosistémicos, en donde se pueden enmarcar las acciones de protección de los polinizadores nativos en el cultivo de cholupa en el Huila, que requieren de intervenciones específicas para mejorar la calidad del servicio ecosistémico.

Algunos de los elementos del decreto 870 a resaltar como ventajas para la implementación de posibles PSA en el servicio de polinización natural son los principios de complementariedad y solidaridad, que facilitan el uso de los PSA como instrumentos adicionales a otras herramientas de comando y control, procesos asociativos, mejora productiva, entre otros, y permiten la asignación de incentivos fuera de las jurisdicciones de las entidades territoriales y autoridades ambientales, respectivamente. Esto último

amplia el campo de acción en donde se pueden realizar inversiones por conservación de servicios ecosistémicos y reconoce la naturaleza ecosistémica de éstos, más allá de los límites políticos del territorio.

Por otro lado, cabe resaltar el énfasis dado a la articulación institucional para la implementación de PSA, así como las funciones específicas asignadas a los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental- SINA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Los primeros son esenciales para la evaluación de las características biofísicas particulares de los servicios ecosistémicos y las metodologías de seguimiento y monitoreo de la calidad ecosistémica en general. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por su parte, brindará los lineamientos correspondientes a la implementación de proyectos productivos agropecuarios asociados a modelos de PSA u otros incentivos a la conservación. Esto abre la posibilidad de implementación de esquemas de PSA o incentivos similares en agroecosistemas, lo que permite favorecer, por medio de estos instrumentos, el incremento de los servicios ecosistémicos asociados a la agrobiodiversidad, como es el caso de la polinización natural.

Finalmente, el decreto 870 define como zonas estratégicas para la implementación de PSA, aquellos ecosistemas ambientalmente estratégicos (definidos por directriz del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), con presencia de cultivos de uso ilícito y conflictos por usos del suelo, es decir, de alta prioridad para la construcción de la paz. De acuerdo a esta definición, el área de producción del cultivo de cholupa, no estaría priorizada para la implementación de incentivos debido a que Rivera no es considerado un municipio con alta incidencia de guerra en Colombia.

Incluso cuando los agroecosistemas de la región comprendida entre Rivera y Campoalegre se encuentren en una matriz degradada, pero de alto valor ecosistémico por la importancia ecológica del bosque seco tropical y su acelerada degradación en nuestro país, especialmente en el valle del río Magdalena (Pizano & García, 2014), no se ajustarían a los principales criterios determinados en el decreto ley 870/2017. De cualquier manera, el análisis de una posible implementación en agroecosistemas de frutales promisorios, permite ampliar el espectro de servicios ecosistémicos y áreas con potencial de conservación a través de incentivos económicos en Colombia.

En el decreto 870 se definen, además, las dos partes voluntarias de un esquema de este tipo, como “interesados del servicio ambiental” y “beneficiarios del incentivo”. Al respecto, sobre el servicio particular de la polinización, la separación de la fuente (o beneficiario del incentivo) de los beneficiarios finales de los efectos (positivos) generados, es difusa. La conservación de los polinizadores nativos es, como se argumentará más adelante, función de múltiples factores tanto ecosistémicos como culturales distribuidos ampliamente en el espacio. Además, las decisiones relacionadas con la protección de los polinizadores nativos, como se presentó anteriormente, no dependen exclusivamente de factores económicos.

Para Wunder (2015), la división espacial entre la provisión del SE y su uso es decisiva en el establecimiento de un esquema de PSA; de hecho, es la única condición *sin equa non* que él plantea para poder establecer un esquema de ese tipo. Sin embargo, en el servicio de polinización, el sitio de provisión no es un lugar puntual en el espacio. Éste se provee gracias a distintos rasgos de la biología de las especies (planta y polinizador) y a factores climáticos y culturales que las afectan y que no se originan en un mismo lugar. Es decir, que el proveedor del SE no es otro que la *estructura y funcionalidad ecosistémica*, como un todo. No sólo por la capacidad de vuelo y rápido movimiento de los agentes polinizadores sino por la distribución de los recursos que ellos necesitan para vivir; principalmente, sitios de nidificación, alimentación y reproducción, el agroecosistema menor constituye apenas el “eslabón de entrega” (ubicación de los *usuarios*) del espacio real en que el servicio se genera.

Por otro lado, los esquemas de PSA, se mencionan dentro del capítulo VI sobre Crecimiento Verde, en el Plan Nacional de Desarrollo 2014- 2018, como modificación al artículo 108 de la Ley 99/1993. Allí se estipula la obligación de “las autoridades ambientales en coordinación y con el apoyo de las entidades territoriales de adelantar los planes de cofinanciación necesarios para adquirir áreas o ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales o implementar en ellas esquemas de pago por servicios ambientales u otros incentivos económicos para la conservación, con base en la reglamentación expedida por el Gobierno Nacional”, se establecen las fuentes de financiación para la implementación de los esquemas y se da

la pauta para que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presente ante el Congreso de la República un proyecto de Ley que reglamente los PSA.

Una de las ventajas que se presenta en el enfoque desde donde se abordan estos incentivos económicos en el Plan Nacional de Desarrollo, es que se le da un alto protagonismo a las autoridades ambientales y entes territoriales para la facilitación, cofinanciación y coordinación de los posibles esquemas de pago a implementar en su jurisdicción. Esto genera que el carácter de los posibles PSA que se implementen sea público y no un acuerdo voluntario entre entes privados, y en cierta medida cuenta con un respaldo institucional.

Sin embargo, como se discutía en el marco legal presentado al inicio del documento, uno de los desafíos en la implementación de PSA es lograr un monitoreo efectivo de los servicios ecosistémicos, que hasta el momento ha sido una problemática para varias autoridades ambientales del país que no cuentan con la capacidad institucional suficiente para evaluar adecuadamente la implementación de proyectos de inversión ambiental. En el párrafo segundo del artículo 174 de la ley 1753/2015, se decreta además la creación de un Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales, con actualizaciones anuales de información para efectos del seguimiento de las políticas ambientales de PSA y otros incentivos a la conservación, lo que implica una mayor demanda de capacidad institucional.

4.1 Adicionalidad del servicio ecosistémico

La adicionalidad ha sido una característica de los esquemas de PSA que se planteó en el concepto inicial de Wunder (2005) en relación a la definición del SE. En este sentido, si un SE está bien definido es fácilmente estimable cuándo se produce una unidad más de éste como resultado del PSA. Poder estimar la adicionalidad de un SE implica conocer las relaciones puntuales entre cambios ambientales (a distintas escalas y de distintos parámetros) y la provisión del SE, así como los *trade-offs* entre las distintas variables que lo afectan; especialmente aquellas en las que se va a realizar una inversión como parte del PSA. Además, se relaciona con el efecto real que tendría el esquema de pago frente a un escenario en el que éste no se llevara a cabo.

Con respecto a la adicionalidad de un posible PSA para la provisión de polinización natural en cultivos de cholupa, en el Huila, frente a un escenario sin esquema, son muy relevantes las perspectivas de los productores, sobre su actividad. Como se presentó en el capítulo anterior, la información con la que cuentan los productores de cholupa sobre los polinizadores de su cultivo, les permite reconocer un papel importante de ellos en su producción. Algunos diferencian, por ejemplo, el rol más efectivo de los *abejorros* frente a las abejas melíferas, en tanto conocen los requerimientos generales de acople morfológico entre las flores y los visitantes florales. Por otro lado, la mayoría reconoce que la implementación de prácticas intensivas puede afectar a los polinizadores, en combinación con factores adicionales no relacionados directamente con el manejo del agroecosistema. La mayoría de ellos no reconoce una disminución drástica de sus poblaciones.

Tabla 4-1: Principales beneficios y desventajas percibidas por productores de cholupa en Rivera, frente a la implementación de prácticas agroecológicas.

Orden de importancia	Beneficios de implementar prácticas más agroecológicas en el cultivo*	Desventajas de implementar prácticas más agroecológicas en el cultivo*
1	Se producen frutos con altos estándares de sanidad, lo que aporta a la buena salud del consumidor.	Los rendimientos de los cultivos disminuyen.
2	Se protege el suelo, manteniendo sus propiedades para próximos cultivos.	Hay un incremento en los costos de producción.
3	Se obtienen productos de mejor calidad (en algunas ocasiones cuando se combinan estas prácticas con las convencionales).	Hay poca asistencia técnica enfocada a este tipo de prácticas en la región y los productores tienen poca experiencia al respecto.
4	Hace que los productos sean más reconocidos en el mercado.	Hay poca accesibilidad a productos de síntesis biológica en la región y no hay mucha confianza en los que hay disponibles.
5	Se pueden vender los productos a un mayor precio.	Hay pocos productores jóvenes en el cultivo de la cholupa, quienes son los más interesados en estas prácticas.

Tabla 4-1 (Continuación):

Orden de importancia	Beneficios de implementar prácticas más agroecológicas en el cultivo*	Desventajas de implementar prácticas más agroecológicas en el cultivo*
6	Se protege el medio ambiente.	En el mercado actual de cholupa, no hay compradores especializados que paguen un precio mayor por un producto más limpio.
7	Disminuyen los costos de producción del fruto.	Con estas prácticas se incrementa el trabajo y la dedicación que requiere el cultivo.
8	Se obtiene un mejor crecimiento de la planta en su fase inicial.	No hay un apoyo del gobierno a mercados de productos limpios para garantizar los mejores precios.

*Los beneficios y desventajas se encuentran organizados en orden descendente de acuerdo a la cantidad de productores encuestados que se refieren a ellos.

Pese a lo anterior, la motivación más generalizada que tienen aquellos productores interesados en implementar prácticas de manejo agroecológico, es la posibilidad de brindar al consumidor alimentos sanos y proteger el suelo. Las prácticas ecológicas, de este modo, responden a un interés intrínseco de algunos productores, acompañado de compromiso por el cambio y la búsqueda de métodos y productos alternativos, en muy pocos de ellos. Aunque un objetivo derivado de la intención (poco puntual) de “proteger el medio ambiente”, puede ser el proteger a los polinizadores, no hay una meta de transformación cultural específicamente ligada al SE que ellos proveen.

Lo anterior implica que cualquier estrategia de intervención del sistema ligada al objetivo puntual de conservación de la polinización, una vez evaluada a fondo, puede llegar a tener un impacto y efectivamente “adicionar” unidades del SE, frente a la situación actual. De acuerdo a las distintas definiciones de los PSA, un concepto apropiado para abordar el estudio de caso presentado en la presente investigación, es el de *incentivo*. Retomando a Wunder (2015), este concepto estaría enfocado a brindar una motivación a un individuo para cambiar un comportamiento, que de otra forma no cambiaría. Es posible, que el grado de conciencia que presentan actualmente los productores de cholupa sobre el servicio de polinización, del que se favorecen, les permita conservar el servicio, por un tiempo limitado, en los niveles en los que se encuentra en este momento.

El objetivo de un incentivo adicional no deberá ser entonces la *conservación* del servicio de polinización sino su *incremento*.

Sobre este último punto, varios autores han enfatizado, sin embargo, en la dificultad que tiene definir claramente un SE y todas las interacciones que puede establecer con las estrategias de manejo que se planteen en un posible esquema de PSA. La medición del SE es altamente compleja al incluir inevitablemente la incertidumbre de los sistemas ecológicos (Kosoy & Corbera, 2010) y mucho más, teniendo en cuenta la falta de información sistematizada referente a ciertos servicios. Al respecto se ha planteado que incluso la adicionalidad puede no ser una característica deseable de los PSA (Wunder, 2015) dado que la cuantificación y el monitoreo de los SE puede acarrear altos costos de transacción (Rørstad *et al.*, 2007) y ser perjudicial incluso para las decisiones intrínsecas de las personas frente al cuidado ambiental (Muradian *et al.*, 2010). Casos emblemáticos en los esquemas de PSA a nivel mundial, como el de Costa Rica, han presentado muy poca adicionalidad en cerca de 15 años de implementación y aun así se han considerado casos exitosos (Pattanayak *et al.*, 2010).

En el caso específico de la polinización, uno de los primeros pasos en la definición del SE, es diferenciar claramente el servicio ecosistémico brindado a los cultivos para garantizar la producción de alimentos (cuyos requerimientos son puntuales), y el servicio de soporte de los ecosistemas, brindado por la biodiversidad de abejas, mariposas, murciélagos, aves y otros animales polinizadores de la vegetación silvestre. El objetivo de cualquier instrumento de PSA enfocado a la protección de los polinizadores, estará muy relacionado con el objetivo puntual de conservación establecido. Algunas prácticas o medidas, beneficiarán la polinización de algunos cultivos en particular, mientras que otras garantizarán la conservación de los polinizadores nativos; entre ambas alternativas, es posible incluso que exista un *trade-off* negativo (Senapathi *et al.*, 2015).

En cualquier caso, la medición adecuada del SE al que se enfoque un posible esquema de PSA por polinización, es no sólo necesaria sino, además, deseable. A diferencia de la conservación de servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, la captura de carbono o la biodiversidad, que han sido objeto de la mayor cantidad de esquemas de PSA en el mundo, la polinización es un SE altamente contexto-dependiente y que puede

ser evaluado a nivel local. Posiblemente es uno de los SE mejor definidos a nivel global, aun cuando la falta de información a nivel de especies y poblaciones específicas es bastante alta. Esta información disponible permite identificar patrones de comportamiento generales en las redes de interacción planta- polinizador y entre éstas y los factores ambientales que las afectan.

Varios autores han coincidido en precisar que los resultados de los esquemas de PSA que se han implementado hasta el momento en muchos lugares del mundo, no son comparables y la información relacionada con ellos se encuentra dispersa. Además, que pese al auge del conocimiento científico relacionado con los servicios ecosistémicos, muchos de ellos presentan vacíos de información que impiden manejos precisos y efectivos. Las características principales del servicio de polinización, unidas a los métodos y herramientas prácticas de monitoreo que han sido desarrollados en la última década, y que serán tratadas en detalle más adelante, presentan la ventaja de poder aportar información estandarizada no sólo a la evaluación y mejoramiento en la formulación de diversos esquemas de PSA, sino a la caracterización biofísica del SE.

4.1.1 Requerimientos específicos de polinización en cholupa.

En el caso de la polinización natural de cultivos, es evidente que el SE que se quisiera proteger, y no sólo proteger sino incrementar su provisión, es el servicio de regulación ligado a la producción de frutos. En el sistema específico de polinización de cholupa en el Huila se han llevado a cabo estudios puntuales en este SE que permiten contar con una línea base sólida a partir de la cual es posible proponer estrategias de conservación.

El cultivo de cholupa tiene la capacidad máxima de retener y transformar el 76,7% de sus flores, en un fruto en estado avanzado de madurez, cuando la polinización cruzada es facilitada por agentes adicionales a los polinizadores naturales. Sólo el 32,7% de las flores expuestas a los polinizadores presentes en la región, se transforman en fruto en estado avanzado de desarrollo (Rodríguez Calderón, 2014). Esto implica, por un lado, que la biología de la planta se caracteriza por tener un margen natural de abortos de flores cercano al 25%, incluso con una polinización óptima. Por otro lado, existe un déficit

de polinizadores de cholupa en Rivera cercano al 43% evaluado entre los años 2013 y 2014.

Los principales (más abundantes) visitantes florales de la cholupa son la abeja manejada *Apis mellifera*, y numerosas especies de abejas silvestres que pueden incluirse en los siguientes grupos: abejas recolectoras de aceites (*Centris spp.* y *Epicharis spp.*), abejas de las orquídeas (*Eulaema spp.* y *Euglossa spp.*), abejas carpinteras (*Xylocopa spp.*) y abejas sin aguijón, entre otras visitantes muy ocasionales (Rodríguez Calderón, 2014). De acuerdo a los rasgos de historia de vida particulares de cada una de estas especies, así como de otros factores del ecosistema, las prácticas de manejo de los cultivos las afectarán en menor o mayor medida.

El efecto individual (sobre cada una de las especies de polinizador) de cada factor ecológico o cultural incidente, debe corresponder, del mismo modo, con su papel como polinizadoras del cultivo, con miras a definir claramente el SE. El índice de importancia de polinización (PII) que tiene en cuenta además de la frecuencia en las visitas, el comportamiento de cada visitante, el tamaño corporal, y otros rasgos importantes para su labor como polinizador efectivo, permite diferenciar el rol de cada uno. En el caso de los visitantes de cholupa, se encontró un aporte del 53,8% de la polinización por parte de *A. mellifera*, 25,6% de *E. cingulata*, 8,5% de *X. frontalis*, 5,9% de *E. nigrita*, 3,4% de *C. flavifrons* y 1,3% de *E. polychroma*. Las demás especies parecen aportar menos del 1% a la polinización del cultivo (Rodríguez Calderón, 2014).

4.1.2 Relación entre el manejo del agroecosistema y la provisión del SE

Las principales causas de disminución de las poblaciones de abejas a nivel global que se han identificado son los cambios en el uso de la tierra (pérdida y fragmentación de hábitat y disminución de la diversidad de recursos), el uso de agroquímicos, la incidencia de patógenos, la introducción de especies, el cambio climático y la interacción entre ellas (Potts, Biesmeijer, et al., 2010). Aunque hay una gran asimetría de información entre los efectos de cada uno de estos factores sobre la abeja común *A. mellifera* y sobre las

abejas silvestres, se ha determinado que estas últimas presentan una alta vulnerabilidad a estos mismos impulsores de pérdida (Goulson *et al.*, 2015). Todas estas causas están relacionadas en distinta medida con la acción antrópica; sin embargo, la pérdida de hábitat, el uso de agroquímicos y la monotonía de las dietas ocasionada por la pérdida de diversidad floral, son variables sobre las cuales la agricultura ha tenido una influencia directa.

Las particularidades del servicio de polinización del cultivo de cholupa en el Huila, en relación a estas variables, presentan vacíos de información importante, pero permiten la identificación de patrones que puedan guiar la planeación de un incentivo por conservación, al menos en su primera etapa de desarrollo.

Varios trabajos han posicionado la pérdida y fragmentación de hábitat como el factor más importante en el mantenimiento de las poblaciones de abejas silvestres (Carvalho *et al.*, 2010; Kremen *et al.*, 2007; Winfree *et al.*, 2009) y en la estabilidad del SE de polinización (Garibaldi *et al.*, 2011). La principal variable sobre la que se han estimado pérdidas significativas de polinización de cultivos, es la distancia a la vegetación natural, con efectos directos sobre la riqueza de visitantes florales, la tasa de visitas de abejas no manejadas y la formación de frutos (Garibaldi *et al.*, 2011). Sin embargo, la organización específica del paisaje (no sólo la distancia entre el cultivo y el área conservada) en un contexto local tiene una gran influencia en la supervivencia y capacidad de dispersión de muchos polinizadores (Viana *et al.*, 2012).

Ahora bien, existe un compromiso entre la conservación de la polinización como regulador de la producción en cultivos y como soporte de ecosistemas naturales, dado que las medidas de conservación enfocadas exclusivamente al primero de ellos, se refieren al manejo agrobiodiverso focalizado en los requerimientos del cultivo y de sus principales visitantes (generalmente, un número muy reducido de especies de abejas). Por otro lado, los objetivos de conservación enfocados en la biodiversidad en general de polinizadores silvestres, implica el desarrollo de estrategias integrales y no necesariamente productivas. Por lo tanto, Senapathi *et al.* (2015) proponen que a medida que una especie se encuentra más adaptada a hábitats no agrícolas, sus medidas de

conservación serán más exigentes y competirán en mayor medida, por el espacio y los requerimientos de las áreas de cultivo polinizadas por insectos.

Estas estrategias dirigidas a la biodiversidad silvestre generan una producción eficiente no sólo de uno sino de muchos sistemas productivos (Cong *et al.*, 2014). Por otro lado, la conservación de dicha biodiversidad de polinizadores (como un todo) en zonas de alto valor ecológico a escala de paisaje, produce sistemas resilientes frente al cambio climático. Esto teniendo en cuenta que uno de los efectos de este fenómeno sobre las redes de interacción planta- polinizador es la alteración de la sincronía fenológica, a la cual pueden hacer frente de manera efectiva, redes más diversas y redundantes, estabilizando el SE de polinización en el tiempo (Bartomeus *et al.*, 2013).

Por otro lado, las poblaciones de abejas silvestres dependen de factores a menor escala. Dentro de los factores determinantes que regulan las poblaciones de abejas (recursos alimenticios, recursos de nidificación y disponibilidad de refugios), Roulston y Goodell (2011) encuentran una evidencia fuerte de que el más importante es la disponibilidad de recursos florales, altamente relacionado con la cobertura vegetal que se mantiene dentro de los agroecosistemas. Para ellos, muchos de los factores que se han definido como esenciales para las abejas (como los usos del suelo o el grado de pastoreo) están muy relacionados con la disponibilidad de una alta diversidad de alimento.

En otros trabajos se ha establecido la relación entre la estructura de las comunidades de abejas y algunos factores más puntuales como la diversidad del néctar disponible (variación en concentración de azúcares, volumen ofertado, aroma, entre otros), el radio energético entre el polen y el néctar colectado y la diversidad y abundancia de flores. Tanto la diversidad floral como de los tipos de néctar colectado influyen directamente en el número de especies de abejas visitantes de una zona. Por su parte, la abundancia de las especies de abejas más comunes, se relaciona con la disponibilidad de sustratos para nidificar (Potts *et al.*, 2003). Esto puede indicar, que el manejo de la biodiversidad florística a nivel del agroecosistema puede ser determinante en la estructuración de las comunidades de polinizadores, mientras que las prácticas a nivel de paisaje estén más relacionadas con los sustratos para nidificar y la abundancia de polinizadores.

Dentro del agroecosistema, además, la coexistencia de distintas especies con roles funcionales diferentes (predadores, parásitos, polinizadores, descomponedores, etc), hace que las prácticas de manejo enfocadas a ciertas poblaciones, incidan indirectamente en otras. El uso de plaguicidas es una de las principales prácticas utilizadas en todos los cultivos de cholupa evaluados, enfocada a controlar los ataques de insectos principalmente herbívoros y parásitos. Sin embargo, desde una perspectiva integral del ecosistema, la erradicación de un insecto que se considera plaga es rara vez factible o deseable y además los métodos de control utilizados afectan directa e indirectamente a los polinizadores (Gemmill- Herren *et al.*, 2014).

Los efectos de los plaguicidas en los insectos polinizadores han sido objeto de numerosos estudios enfocados en una pequeña porción de la biodiversidad de abejas y los productos utilizados en el mundo. Dentro de la familia de los neonicotinoides, los más evaluados y discutidos, el 75% de los estudios han sido llevados a cabo en *A. mellifera* y el 82% de ellos se han desarrollado en Norte América y Europa (Lundin *et al.*, 2015). Es decir, que el conocimiento sobre los efectos de estos compuestos en las más de 20.000 especies de abejas silvestres en el mundo, es limitado (Gemmill- Herren *et al.*, 2014).

En abejas sin aguijón (Meliponini), por ejemplo, un grupo estrictamente tropical, dentro del cual se encuentran algunos visitantes muy poco frecuentes de la cholupa, se han encontrado efectos neurotóxicos altamente letales con la exposición a neonicotinoides, piretroides, algunos organofosforados y carbamatos y fipronil. Del mismo modo, los plaguicidas sintetizados a partir de compuestos naturales (producto de la fermentación de actinomicetos), cuyos componentes activos son abamectin y spinosad, han presentado un alto riesgo para este grupo (Lima *et al.*, 2016). Otras evaluaciones recientes han demostrado el efecto a largo plazo (para un período de 18 años) del uso de neonicotinoides en cultivos de canola, sobre las poblaciones de 62 especies de abejas nativas de Inglaterra. En este caso las tasas de extinción de las poblaciones se han incrementado significativamente en respuesta a la exposición a estos plaguicidas (Woodcock *et al.*, 2016).

Pese a la limitación de información y, de todas formas, a la imposibilidad de llevar a cabo estudios especie- específicos para todas las abejas polinizadoras de cultivos en el

mundo, una forma de acercarse al impacto de los plaguicidas sobre las abejas nativas, es evaluar las vías de exposición y los factores de riesgo más comunes. Estos factores se relacionan esencialmente con tres características: la toxicidad del plaguicida, la probabilidad y grado de exposición de la abeja al plaguicida y el impacto del plaguicida en la historia natural o dinámica de la población del polinizador. Las tres características mencionadas varían en respuesta a factores relacionados con la biología del cultivo (fenología, atraktividad, diversidad sostenida), la biología del polinizador (rasgos de historia de vida) y las decisiones tomadas por los cultivadores (plaguicidas elegidos, toxicidad, métodos y frecuencia de aplicación) (Gemmill- Herren *et al.*, 2014).

Con el fin de hacer una aproximación al impacto que puedan tener los plaguicidas utilizados en el cultivo de cholupa sobre el servicio de la polinización, con base en la información disponible, se identificaron los principales rasgos de historia de vida para los grupos de polinizadores más importantes en este cultivo (Tabla 4-2) y se relacionaron con los posibles efectos que los plaguicidas usados en la cholupa, pueden tener sobre ellos.

Tabla 4-2: Principales rasgos de historia de vida de los grupos más importantes de polinizadores de cholupa.

Rasgo de historia de vida	<i>Apis mellifera</i> “Abeja de la miel”	<i>Xylocopa spp.</i> “Abejas carpinteras”	<i>Centris spp.</i> “Abejas recolectoras de aceites”	<i>Eulaema spp.</i> “Abejas de las orquídeas”
Tamaño corporal	10-12 mm	15-35 mm	20-30 mm	18-31 mm
Grado de sociabilidad	Eusocial	Primitivamente social	Solitaria	Comunal
Especialización floral	Generalista	Generalista	Especialista	Especialista
Sitio de nidificación	Cualquier cavidad disponible	Troncos de madera seca (comúnmente maciza)	Suelo horizontal o barrancos, agujeros preexistentes en madera muerta o viva o edificaciones (columnas o muros).	Suelo (bancos) o troncos de árboles
Hora de máximo forrajeo en cholupa	7:00 am – 8:00 am (polen) y 2:00 pm – 4:00 pm (néctar)	9:00 am – 11:00 am.	9:00 am – 12:00 m.	8:00 am – 11:00 am.

Tabla 4-2 (Continuación):

Rasgo de historia de vida	<i>Apis mellifera</i> “Abeja de la miel”	<i>Xylocopa spp.</i> “Abejas carpinteras”	<i>Centris spp.</i> “Abejas recolectoras de aceites”	<i>Eulaema spp.</i> “Abejas de las orquídeas”
Principal recurso colectado en flores de cholupa	Polen y néctar	Néctar	Néctar	Néctar

Fuente: Michener (2007), Gonzalez *et al.* (2009), Rodríguez (2014), (Vélez Velandia, 2012), (González *et al.*, 2005), Gikungu (2014).

Con base en los rasgos de historia de vida presentados, se puede establecer una diferencia clara entre la abeja introducida *A. mellifera* y los tres grupos de abejas nativas, en casi todos los rasgos evaluados. Esto tiene implicaciones importantes en el riesgo al que cada una de ellas puede estar expuesta en escenarios de aplicación de plaguicidas. El riesgo de los polinizadores silvestres de la cholupa, frente a la exposición a ciertos compuestos está determinado en primer lugar por su gran tamaño corporal respecto a otros grupos. Se ha determinado que la relación entre el área de superficie expuesta y el volumen del cuerpo, hace que las abejas grandes presenten mayores probabilidades de desintoxicación frente a la ingestión o al contacto directo. Otro factor que en algunos casos puede reducir el riesgo es el hecho de que estas abejas de gran tamaño presenten rangos de vuelo muy amplios (hasta 12 km.) en los que pueden forrajear en una amplia diversidad de especies de plantas generando un efecto de “dilución” de los plaguicidas a los que haya estado expuesta (Gikungu, 2014).

Los amplios rangos de vuelo, se compensan sin embargo con la especialización en las estrategias de forrajeo. Aunque las abejas carpinteras, por ejemplo, pueden considerarse poliléticas, no visitan una gama tan amplia de flores como abejas sociales como *A. mellifera*. Del mismo modo, es muy importante tener en cuenta el efecto indirecto que tiene la aplicación de neonicotinoides, por ejemplo, sobre las plantas silvestres cercanas a los cultivos, que constituyen una fuente esencial de polen para todas las principales abejas silvestres polinizadoras (sólo forrajear en la cholupa en búsqueda de néctar). El sólo hecho de tratar las semillas de las plantas con compuestos de tipo neonicotinoide, contamina el suelo, el agua y las plantas silvestres que rodean al cultivo, gracias a su

acción sistémica. En un trabajo en cultivos de canola y trigo, se estimó en 97% el porcentaje de neonicotinoides que las abejas silvestres llevaban al nido, proveniente de manera exclusiva de flores de los márgenes del cultivo, no de él mismo (Botías *et al.*, 2015).

Lo anterior es aún más peligroso cuando las flores silvestres mantenidas en los agroecosistemas son una fuente tan importante de polen. En la misma investigación, se advierte sobre el tiempo de vida media de los neonicotinoides en matrices acuosas (como el néctar), donde por procesos de hidrólisis, fotólisis y degradación microbiana, se diluye rápidamente. Por el contrario, su permanencia en los granos de polen y posiblemente en los aceites, colectados por ejemplo por las abejas del género *Centris*, es mucho mayor.

Respecto a las horas de forrajeo en las que más visitan las abejas los cultivos de cholupa, posiblemente disminuya el efecto en abejas silvestres (frente a *A. mellifera*), quienes aumentan las visitas después de las 8:00 a.m. cuando los horarios de aplicación de plaguicidas son generalmente antes de esa hora. Sin embargo, aunque no haya un efecto directo por contacto al momento de la aplicación, el período de carencia de los agroquímicos hace que incluso días después de fumigar, permanezcan en la planta y generen efectos sub-letales relevantes (Stanley *et al.*, 2015).

Además, no sólo la exposición el día de la aplicación es nociva. El hecho de que los períodos de floración en cholupa sean constantes a lo largo del año, pero tengan de tres a cuatro picos marcados anualmente, hace que coincidan con los ciclos de vida cortos (de pocos meses) de algunas de las abejas silvestres visitantes del cultivo. Cuando un ciclo de vida coincide con uno o pocos períodos de floración, la exposición total al efecto de los plaguicidas, aumenta significativamente (Gikungu, 2014).

Partiendo del reconocimiento de la complejidad en la conformación de redes de interacción planta- polinizador, el impacto de los plaguicidas sobre las poblaciones de abejas puede no transmitirse necesariamente a los niveles de provisión del servicio ecosistémico de polinización, que ellas facilitan. Si el papel funcional de un polinizador en una especie particular cultivada, es redundante dentro de la red de interacciones (es

decir, puede ser asumido por otra especie), o la planta presenta mecanismos compensatorios de respuesta a la pérdida de polinización, posiblemente la afectación de las abejas, no generará impactos en la producción del cultivo (Brittain & Potts, 2011).

Recientemente una investigación realizada con el abejorro *Bombus terrestris* permitió comprobar que la suma de los efectos sub-letales individuales de los plaguicidas, causa cambios a nivel de colonia e induce la modificación de rasgos esenciales para el servicio de polinización en cultivos de manzana. Las plantas polinizadas por abejas de colonias expuestas a neonicotinoides producen manzanas con menor cantidad de semillas, y estas abejas reducen significativamente su tasa de visitas y la frecuencia de recolección de polen (Stanley *et al.*, 2015).

En el caso de la polinización de cholupa en el Huila, como se mencionó previamente, este servicio está soportado en cerca del 50% por el papel que cumple la abeja común *A. mellifera*. Las abejas silvestres visitantes (20 especies registradas) suplen el resto de la provisión del SE (Rodríguez Calderón, 2014). Como se evaluó de manera detallada por esta autora, el aporte de *A. mellifera* se soporta esencialmente en la gran cantidad de visitas que puede ejercer en un solo día (período completo de antesis floral). Sin embargo, la gran mayoría del polen recolectado por ella es transportado a su nido y no se encuentra disponible para la polinización. Por otro lado, su acople morfológico con la flor es muy débil y se requiere de más de una visita para garantizar que un fruto, al menos en su primera etapa de desarrollo, se mantenga en la planta. En contraste, el aporte de una sola visita de abejas grandes, con acoples morfológicos, comportamientos y rasgos de historia de vida acordes con las necesidades de reproducción del cultivo, garantiza la retención final de más del 20% de los frutos.

Pese a lo anterior, podría pensarse que el aumento de la polinización en el cultivo de cholupa se puede lograr manejando e incrementando poblaciones de *A. mellifera* (con lo que incremente aún más su frecuencia de visitas) o incrementar la transferencia de polen de manera manual. El primero de los casos, además de las desventajas frente a la biodiversidad, mencionadas previamente, podría tener un efecto contraproducente en el cultivo de cholupa, dado el comportamiento de estas abejas, quienes colectan polen en exceso en horas de la mañana, para transportar a sus nidos y limitan la disponibilidad de

este recurso para ser transmitido a otra flor por los visitantes más efectivos (Rodríguez Calderón, 2014).

Además, la introducción de colmenas de *A. mellifera* no es una solución a la pérdida de polinizadores nativos. Se ha demostrado, mediante un metanálisis en 41 sistemas de cultivo distribuidos en todo el mundo, que la polinización por abejas nativas es significativamente más efectiva que la de la abeja de la miel y que el papel de *A. mellifera* en la producción de frutos es independiente del realizado por las abejas silvestres. De este modo, sólo puede suplementar, mas no sustituir el trabajo de las últimas (Garibaldi *et al.*, 2013).

La suplementación manual de polinización cruzada en los cultivos de cholupa, por otra parte, no se implementa por el momento, pero dado su uso en muchos cultivos de maracuyá en el país, los productores han mostrado su interés en recibir asistencia técnica sobre este mecanismo para el momento en que sea necesario. Posiblemente esta puede ser una alternativa poco costosa para el productor, dado que requiere únicamente de mano de obra medianamente calificada y de ninguna inversión adicional. Sin embargo, el potencial de crear cualquier tipo de incentivo frente a esta alternativa es muy bajo, por lo que es un beneficio privado, el productor debería asumir sus costos y no hay un interés común de producir este servicio. Adicionalmente, esta alternativa no genera ningún aporte a la conservación de la biodiversidad ni incrementa el flujo de servicios ecosistémicos, perdiendo la gran cantidad de beneficios que podrían derivarse de estas acciones.

En materia ecológica, por su parte, la conservación del carácter *de soporte* del SE de polinización, a partir de la protección de la biodiversidad de abejas en su conjunto, es mucho más efectivo en la provisión del servicio *de regulación* de la producción de frutos en cultivos puntuales. Numerosas investigaciones han demostrado que la polinización de algunos cultivos no depende de la actividad de una u otra especie, sino del ensamblaje biodiverso de visitantes (Ej. Calderón, 2012; Cepeda-Valencia *et al.*, 2014). La selección de pocas especies (las más efectivas) genera la pérdida de estabilidad de los sistemas de producción y disminuye su resiliencia frente a cualquier tipo de disturbio (Garibaldi *et al.*, 2013; Senapathi *et al.*, 2015). La sostenibilidad, entonces, de cualquier estrategia de

conservación de polinizadores que se implemente, es altamente favorecida al enfocarse en la biodiversidad de abejas nativas y no en la polinización de una sola planta. Las implicaciones de esta mirada de la conservación frente a la sostenibilidad económica e institucional de un posible esquema de PSA, son mucho más favorables y se desarrollan en los siguientes acápite.

Esta última alternativa, relativa a la implementación de estrategias integrales de conservación de la biodiversidad en general de polinizadores de la región, es la única de las tres que puede generar beneficios públicos, lo que en el largo plazo se puede traducir en numerosos servicios ecosistémicos adicionales provistos. A su vez, puede ser la alternativa con mayores costos de implementación (Tabla 4-3).

Tabla 4-3: Comparación de tres alternativas de manejo que podrían incrementar el SE de polinización de cholupa

	Conservación de la biodiversidad de polinizadores	Aumento de las poblaciones de <i>A. mellifera</i> en zonas cercanas a cultivos de cholupa	Implementación de polinización manual de cultivos de cholupa
Beneficiarios del SE	Productores de cholupa, productores de otros cultivos, comunidad en general.	Productores de cholupa (posible efecto perjudicial), productores de otros cultivos.	Productores de cholupa
Carácter de los beneficios generados	Públicos y privados	Privados	Privados
Aporte a la protección de la biodiversidad de polinizadores nativos.	Muy alto	Ninguno	Ninguno
Aporte a la producción de SE adicionales a la polinización.	Muy alto	Bajo	Ninguno
Costos de implementación	Altos	Medios	Medios

4.1.3 Principales prácticas agrícolas objeto de transformación en el sistema cholupa- polinizadores nativos.

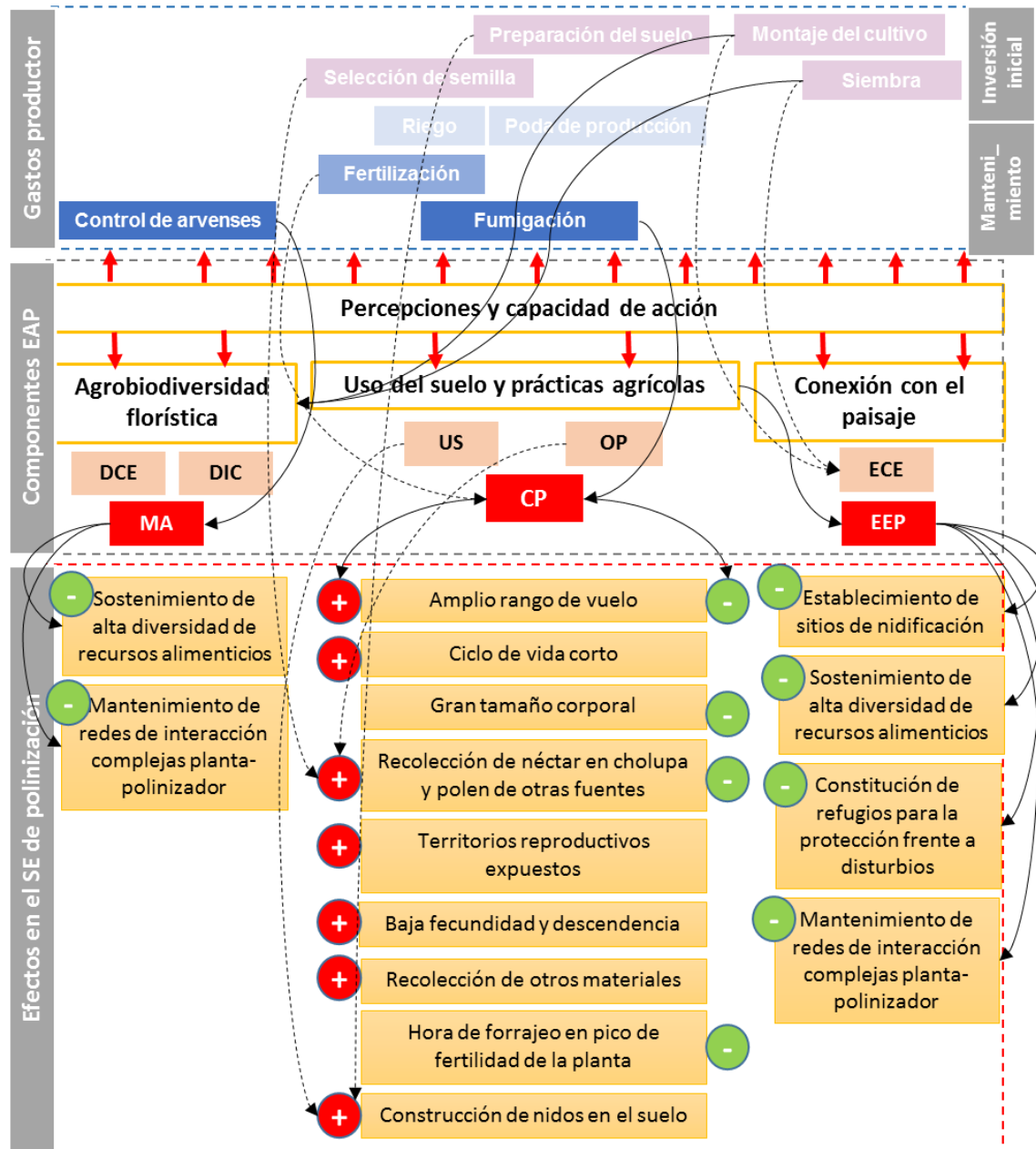
De acuerdo al análisis presentado anteriormente, la adicionalidad del servicio de polinización natural en cultivos de cholupa, depende en mayor medida de la protección de áreas con cobertura vegetal densa (con buena estructura y biodiversidad) a una escala de paisaje, y de la disminución del uso de plaguicidas y sostenimiento de una buena biodiversidad florística a escala del agroecosistema. Una práctica adicional que ha sido evaluada en algunos sistemas de producción de otras pasifloras como el maracuyá o la granadilla es la introducción de nidos trampa para atraer abejas nativas y brindarles un refugio cerca al cultivo (Marchi & Melo, 2010; Pereira & Garófalo, 2010; Pinilla-Gallego & Nates-Parra, 2015). Esta práctica puede ser benéfica para los rendimientos del frutal, pero debe acompañarse con manejos que garanticen la viabilidad de las poblaciones de estas abejas, como la disponibilidad de alimento diverso y de un ambiente libre de agroquímicos.

Las prácticas identificadas como esenciales en el manejo de la polinización natural de la cholupa, se relacionan a su vez con algunas variables de la EAP predominantes (MA, CP y EEP) y con un cambio en la estructura de costos del productor (Figura 4-1).

Con base en la figura se identifican al manejo de arvenses (MA), el control de plagas (CP) y la conexión del cultivo con la Estructura Ecológica Principal del Paisaje (EEP), como los componentes de la EAP que influyen en mayor medida sobre la conservación del SE de polinización natural. El manejo de arvenses, definido como las decisiones en general sobre qué tipo de hierbas controlar y cuáles mantener intencionalmente en el cultivo, debe determinar la diversidad al interior del cultivo (DIC) y en las cercas vivas (DCE). Los usos del suelo específicamente el trabajo del suelo para prepararlo para la siembra, altera las condiciones del mismo y posiblemente tenga un impacto sobre algunos nidos de abejas silvestres establecidos en este sustrato. Sin embargo, después del montaje del cultivo es poco probable hallar sitios de nidificación al interior de este, y se espera por tanto que se establezcan hábitats alternativos en zonas fuera del cultivo o en nidos trampa cercanos a éste.

Algunas prácticas incluidas dentro del componente OP, como la frecuencia del riego, pueden influir del mismo modo en la estructura del suelo, pero es muy poco probable hallar sitios de nidificación allí, una vez establecido el cultivo. La selección de la semilla, por su parte, es una práctica que puede incrementar, de manera indirecta, los efectos negativos del comportamiento de forrajeo de las abejas silvestres, al requerir fuentes de polen alternativas a la cholupa.

Figura 4-1: Relaciones entre los gastos de los productores, los componentes de la EAP y los efectos de éstos en el SE de polinización natural de cholupa.



Los gastos del productor en los que principalmente se influiría con un posible esquema de PSA, se presentan en azul oscuro. Los componentes de la EAP en color rojo, son aquellos que se consideran esenciales en la conservación del SE de polinización natural del cultivo. Las flechas continuas representan relaciones directas y las discontinuas, relaciones indirectas. Respecto al impacto de los plaguicidas, los rasgos de historia de vida que se marcan con + rojo, incrementan las posibilidades de efecto negativo, mientras las marcas con - verde, las disminuyen.

Como se presentó anteriormente, algunas semillas tratadas con neonicotinoides, que se venden como semillas certificadas, alteran la composición del suelo y afectan a las plantas arvenses en los alrededores del cultivo, contaminando especialmente su recurso polen. El uso de neonicotinoides en el tratamiento de semillas adquiridas en el mercado, no fue evaluado en la presente investigación, por lo que se estima únicamente un efecto indirecto poco probable sobre los polinizadores.

Claramente la extensión de los conectores externos (ECE) se relaciona con la estructura general del paisaje respecto al agroecosistema. Sin embargo, no hay una referencia puntual sobre el efecto de esta variable en los polinizadores, mientras que la distancia y conectividad frente a los fragmentos de bosque cercanos (EEP) es determinante para sus poblaciones. Como se observa en la figura, las percepciones (PC) y capacidad de acción (CA) de los productores influyen en las demás prácticas, así como en las decisiones sobre los gastos de inversión inicial y mantenimiento mensual del cultivo.

Las prácticas de manejo priorizadas previamente coinciden con las propuestas en análisis similares enfocados a la toma de decisiones frente a la implementación de esquemas agro-ambientales de manejo para el SE de polinización. Dentro de la propuesta Dicks *et al.*, (2015) los recursos que se consideraron obligatorios para cualquier tipo de esquema fueron la disponibilidad de fuentes de néctar y polen para los polinizadores (relacionada con la diversidad floral), la instalación de setos biodiversos (en fincas de pastoreo únicamente) y el mantenimiento de hábitat para nidificación. Es ese caso, la elección de los arreglos espaciales específicos y los métodos para implementar cada una de ellas, constituían elecciones que los productores podían tomar de una serie de alternativas y respondían a las preguntas básicas sobre ¿cuál es la cantidad crítica de cada recurso requerido para estabilizar o incrementar las poblaciones de polinizadores? y ¿cuál es el nivel actual de cada uno de esos recursos en el paisaje? Estas preguntas pueden ser abordadas a través de las estrategias participativas de monitoreo y manejo adaptativo del SE, presentadas más adelante.

4.2 Elementos económicos relativos al “pago”

Como su nombre lo indica y de acuerdo a las múltiples definiciones presentadas sobre los esquemas de PSA, un elemento claro de discusión en torno a estos instrumentos, es el tipo y cuantía del pago que se realizaría con el objetivo de conservar o mejorar las condiciones de un servicio ecosistémico.

Desde una lógica de mercado, el pago realizado por el SE tiene como límite superior los costos (o externalidades) asumidos por quienes se ven afectados por el deterioro del SE, y como límite inferior los beneficios que dejan de percibir los proveedores del SE, por su cuidado (Engel *et al.*, 2008). O como lo expresa Tacconi (2012), “para ser atractivo al proveedor, el valor del pago debe ser al menos igual a los costos de oportunidad y de transacción que éste debe cubrir”. Sin embargo, la estimación del monto a pagar, en la práctica, está mediado mucho más por las fuentes de financiamiento (y sus intereses) y por las negociaciones políticas (independientemente de los costos por protección o recuperación de la biodiversidad).

En la mayoría de definiciones, por otro lado, se asume un *trade-off* negativo entre la conservación y los beneficios económicos. Además, en la mayoría de PSA implementados en el mundo, la conservación es sinónimo de protección de áreas de alto valor ecológico, con la concepción de que esto generará un flujo de SE constante, no necesariamente del SE objeto del PSA.

Como se trató en la sección anterior, en casos como el de la polinización de cultivos, la conservación de la biodiversidad no implica simplemente aislar áreas conservadas para garantizar que las poblaciones de polinizadores incrementen. La conservación de zonas de alto valor ecológico, no se encuentra desacoplada, en el caso de este ni de ningún SE, de las prácticas culturales asociadas. Sin embargo, se ha comprobado que la polinización de cultivos continuará en descenso, siempre que la disminución neta de las áreas de bosques nativos a nivel mundial siga creciendo, y con ella la pérdida de biodiversidad; y que las prácticas de manejo sigan siendo nocivas, pese a cualquier esfuerzo focalizado de freno del deterioro (Cong *et al.*, 2014; Kremen *et al.*, 2007; Viana *et al.*, 2012). Por lo tanto, los costos de un posible esquema de PSA o cualquier tipo de

incentivo, tienen relación, en la misma medida, con la protección de áreas y con la transformación de prácticas culturales.

De acuerdo a lo anterior, algunos conceptos que se dan por sentados, entonces, en el marco de los servicios ecosistémicos y de los esquemas de PSA, desde la teoría económica clásica, deben ser reevaluados al momento de pensar en una estrategia de este tipo para la conservación de la polinización natural.

4.2.1 Sobre el SE como externalidad

Desde la economía ambiental, una externalidad es considerada como un *fallo de mercado* ocasionado cuando “una persona realiza una actividad que influye en el bienestar de otra y, sin embargo, ni una paga ni la otra recibe ninguna compensación por ese efecto” (Mankiw, 2002). Más allá de las críticas realizadas desde enfoques como el de la economía ecológica a la visión de *externalidad*, desde las que los efectos ambientales de la actividad económica no son externos al sistema global de transformación de bienes y servicios, a nivel biofísico se presentan consideraciones puntuales para el SE de polinización.

El valor económico de la externalidad, muy importante en un esquema de PSA, desde la perspectiva Coaseana (Wunder, 2005), en el caso del cultivo de cholupa, en el Huila, puede ser visto desde dos perspectivas. Por un lado, el servicio prestado por los polinizadores naturales no implica un costo adicional para los productores, pero es responsable en gran medida de las ganancias económicas que ellos perciben (Rodríguez Calderón, 2014), no sólo en el cultivo de cholupa sino posiblemente en otros cultivos de la región dependientes de polinizadores. Es decir, puede considerarse en este sentido, como una externalidad positiva. Por otro lado, el déficit de polinizadores percibido y demostrado en la región está siendo asumido de hecho por los productores del cultivo (de cholupa y posiblemente de otros cultivos con requerimientos de polinización similares) al percibir una ganancia inferior a la que potencialmente su cultivo puede generar. Esta sería considerada una externalidad negativa.

En el primer caso, la implementación de un posible esquema de PSA o cualquier otro incentivo a la conservación, buscará incrementar lo que constituiría un beneficio de carácter puramente público. El SE de polinización no es *rival* en cuanto su uso por un individuo no afecta la cantidad o calidad disponible para otros. El SE que prestan los agentes polinizadores hace parte de una red compleja de interacciones dentro de la cual estarán incluidos todos aquellos cultivos dependientes de polinización dentro de una matriz de paisaje común, así como todas las plantas silvestres que se encuentren allí y coincidan con las elecciones individuales de los polinizadores en un momento dado. En este caso, el costo marginal de uso del SE es igual a cero (Kemkes *et al.*, 2010).

Por otro lado, el SE de polinización no es *exclusivo* dado que la creación de títulos de propiedad sobre él es imposible. La tecnología más cercana a limitar la propiedad de los polinizadores, es el manejo racional de colonias de abejas altamente sociales como *A. mellifera* o abejas sin aguijón, e incluso abejorros del género *Bombus*, cuyas colonias se intercambian en el mercado. En estos casos, una persona puede poseer una colonia, pero si ésta no se mantiene bajo condiciones cerradas (invernadero) en un cultivo, o en medio de un monocultivo lo suficientemente extenso para cubrir el rango de vuelo de los polinizadores, su servicio puede ser prestado mucho más allá de los límites de su finca. En el caso de la actividad de las abejas silvestres, no manejadas, su exclusividad no es posible hasta el momento, inclusive con el uso de tecnologías o la creación de instituciones. La actividad de las abejas o cualquier otro agente polinizador depende exclusivamente de sus preferencias y los rasgos de historia de vida de sus poblaciones, de modo que aislarlas para optar por títulos de propiedad no limita la provisión de su servicio y genera desequilibrios a nivel ecológico.

La creación de un incentivo que no solamente incremente o *mejore* la producción de frutos de cholupa, sino que brinde un posible servicio para otros cultivos dependientes presentes en la zona y aporte al SE de soporte de los ecosistemas naturales y las múltiples redes de interacción que allí se presentan, puede ser una alternativa acorde a las características inherentes a este servicio y de usos del suelo de la región. Respecto a este tipo de servicios de carácter público, una aproximación de tipo político relativa a un posible esquema de PSA, es el pago ejercido por una institución que actúe como *monopsonio*. Este es un sistema de mercado con un único comprador dentro del cual se

permite que la decisión de los proveedores del SE sea completamente voluntaria, teniendo la potestad de elegir entre realizar un acuerdo con el único comprador o manejar su propiedad de cualquier otra forma (Kemkes *et al.*, 2010). Un monopsonio puede ser creado por las instituciones en representación de los beneficiarios del servicio (Ej. Daily y Ellison, 2002, citado por Kemkes *et al.*, 2010).

En contraste, el abordar el problema desde la mirada de una externalidad negativa, implicaría hallar la forma en que los “responsables” de la pérdida del SE, compensaran a los productores de cholupa por el margen de ganancias que están dejando de percibir debido al déficit de polinizadores. Aunque como ya se estableció, varias de las prácticas agrícolas implementadas por los productores de cholupa, son nocivas para los polinizadores, la salud de sus poblaciones depende de relaciones establecidas mucho más allá de los cultivos (Viana *et al.*, 2012), en las que intervienen un grupo mucho más grande de personas a nivel regional. Además, en escenarios agrícolas los productores son beneficiarios de sus propias acciones colectivas de conservación teniendo en cuenta el carácter *público* de muchos de los SE que allí se proveen (Cong *et al.*, 2014), por lo que una perspectiva de la “compensación” por una *externalidad negativa* se queda sin sustento alguno.

Por otro lado, cabe retomar en este punto, la discusión planteada por Senapathi *et al.* (2015) desde el enfoque de los servicios ecosistémicos, dado que no solamente se puede evidenciar un *trade-off* entre las medidas de conservación de la polinización como servicio de soporte y como servicio de regulación, sino además, entre la polinización (como servicio intermedio) y los servicios facilitados a través de ella (IPBES, 2016). Estos son, por un lado, la producción de alimentos saludables (principalmente frutales y semillas) para el consumo humano, y por el otro, el mantenimiento de ecosistemas resilientes con la capacidad de regulación hídrica y climática, entre otras. La producción de alimentos, sin embargo, es considerada del mismo modo como uno de los principales SE de provisión (MEA, 2005), cuyo incremento o protección está limitado por las posibilidades técnicas de los agricultores y los SE que lo soportan (incluida la polinización).

La producción de un mayor número (o mejor calidad) de alimentos, puede considerarse como una externalidad positiva, al beneficiar directamente a los seres humanos, gracias a las funciones ecosistémicas “gratuitas” que permiten que esto se dé. Sin embargo, muchas veces las acciones de incremento en la producción de alimentos, pueden responder al modelo tecnológico aplicado a los cultivos, mucho más que a un incremento en las funciones ecosistémicas de soporte. Al contrario, mejorar dichas condiciones implica manejos menos intensivos del suelo, áreas de cultivo menores y una diversidad productiva mayor, lo que se ha denominado como un proceso de intensificación ecológica (Garibaldi *et al.*, 2016). Posiblemente, las externalidades positivas generadas por este tipo de estrategias, no se refieran al aumento en la eficiencia productiva, por lo menos desde una perspectiva privada, sino de la generación de agroecosistemas conectados a nivel colectivo.

Con base en lo desarrollado en la sección anterior y en la distribución espacial de provisión del servicio de polinización natural, el objetivo de un posible esquema de PSA para éste, en términos ecológicos, puede definirse entonces como *disminuir las condiciones que ponen en riesgo el servicio natural de polinización en Rivera, de tal forma que las probabilidades de que este incremente la cantidad y/o calidad de los frutos de cholupa (entre otros) en la región, sean mayores*. Desde una perspectiva económica, la mejor forma de abordar la conservación de la polinización como SE, puede ser la de *aumentar la provisión de múltiples externalidades positivas, a través de un incentivo que impulse a los productores a implementar aquellas prácticas más relacionadas con la provisión del SE de polinización, que en este momento no se están implementando*.

Se propone como objeto el servicio natural de polinización en el municipio de Rivera dado que esta delimitación espacial facilita la administración de un esquema de manejo reduciendo los costos de transacción significativamente. Esto gracias a que varias instituciones que en este momento representan a los productores de cholupa, manejan sus procesos en la jurisdicción del municipio y de este modo no es necesaria la creación de nuevas instituciones exclusivas para un posible esquema de PSA. Se ha estimado que en general, entre más global sea la provisión de un SE, mayores serán los costos de transacción para su manejo (Kemkes *et al.*, 2010).

Respecto a la prestación biofísica del SE, si el foco de provisión son en principio los cultivos de cholupa, Rivera constituye la mejor unidad administrativa de concentración de estos sistemas, dado que concentra cerca del 100% de la producción nacional de esta fruta y los cultivos se encuentran bien distribuidos a lo largo de todo el municipio. Adicionalmente, se ha comprobado que el manejo a escala de paisaje (mucho más allá que fincas individuales) de los SE relacionados con la agricultura, es mucho más eficiente para los productores, generando más beneficios individuales producto de sus cultivos, pero favoreciendo a una gran cantidad de agroecosistemas (Cong *et al.*, 2014).

4.2.2 Sobre los costos de oportunidad

Los costos de oportunidad han sido la principal forma de establecer los límites inferiores del pago en esquemas de PSA. Estos se refieren a los beneficios económicos que las personas dejan de percibir por realizar una actividad en vez de otra. Los costos de oportunidad de conservación de un área, corresponden a los cultivos o actividades de explotación que podrían realizarse allí y frente a los cuales, el propietario debe tomar una decisión. Desde una perspectiva exclusivamente económica, la *atractividad* de un posible esquema de PSA depende de las ganancias que éste represente frente a otras alternativas de uso y manejo del suelo (Tacconi, 2012). Aunque por supuesto, la toma de decisiones de uso del suelo se relaciona con numerosos factores adicionales a los económicos, éstos se tratarán más adelante.

Como se ha desarrollado anteriormente, la conservación de servicios ecosistémicos relacionados con la agricultura, como la polinización como reguladora de la producción de alimentos, así como el mismo servicio de *provisión* de los mismos, presentan un *trade-off* negativo con la producción de aquellos servicios provistos en áreas conservadas como la captura de carbono, la regulación climática o la biodiversidad, entre otros. La protección de uno de estos tipos de servicio, necesariamente implica la pérdida del otro. Sin embargo, la conservación de áreas con alta diversidad es necesaria, como se discutió previamente para la provisión del SE de polinización en cultivos.

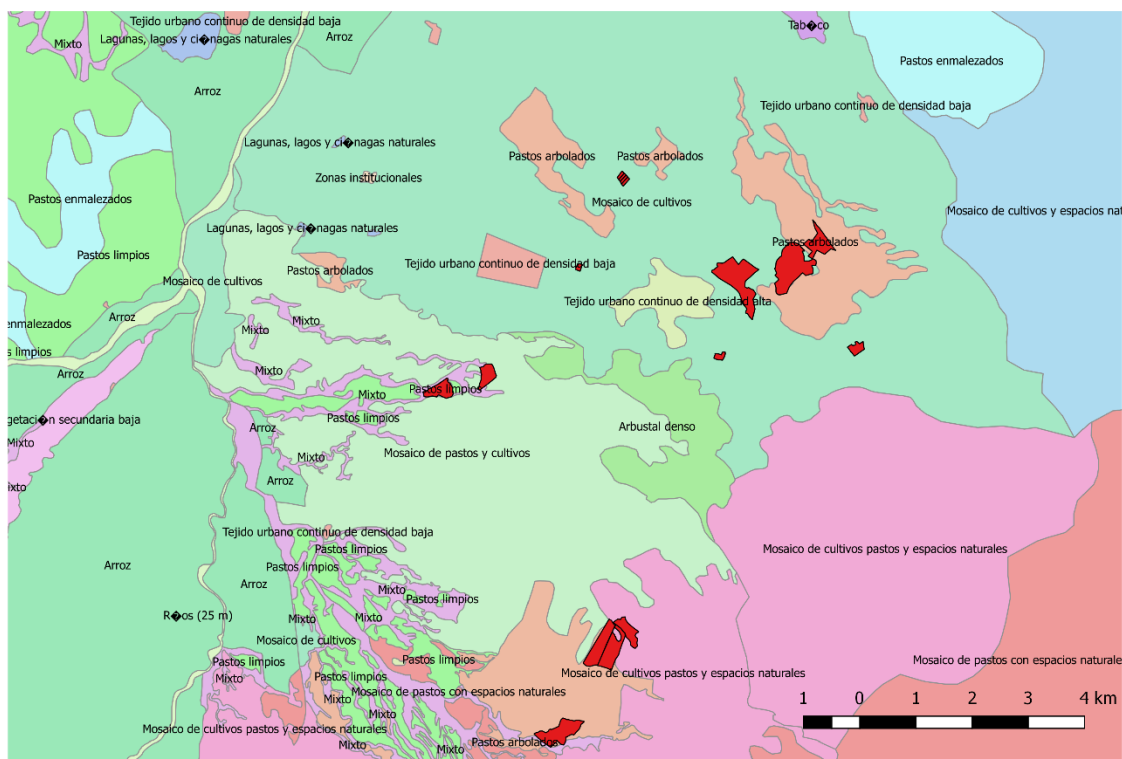
Pero la relación entre la biodiversidad y los agroecosistemas no es unidireccional, lo que quiere decir que los beneficios para los cultivos (y finalmente para los seres humanos) se

proveen en un contexto de beneficio también para las poblaciones de polinizadores. Las plantas con flor cultivadas pueden ser fuente invaluable de alimento para los insectos (y otros grupos de animales). Del mismo modo que los paisajes agrícolas bien manejados (agroecosistemas) se han constituido en hábitats de una gran diversidad de estos animales (Cepeda-Valencia *et al.*, 2014; Jha & Vandermeer, 2010).

En este sentido, los denominados *costos de oportunidad* pueden medirse en este sistema tanto fuera como dentro del agroecosistema menor. Es decir, las alternativas de uso y manejo del suelo no corresponden al remplazo del cultivo, sino a la protección y/o *incremento* de áreas ya conservadas fuera de él, las cuales sí podrían ser transformadas potencialmente; a las ganancias que posiblemente se dejen de percibir durante uno y varios períodos de transición hacia prácticas más amigables y a las inversiones adicionales que deben hacer los productores para garantizar la permanencia de los polinizadores nativos. Estos beneficios *descontados* por la implementación de prácticas de manejo que protejan los polinizadores, estarían dados principalmente por las posibles pérdidas de productividad asociadas al aumento de plagas o enfermedades en ausencia de plaguicidas constantes y de acción inmediata (agroquímicos). Por su parte, los costos *incrementados* se refieren al fortalecimiento de la biodiversidad arbórea de las cercas del cultivo, por ejemplo, la construcción e introducción de nidos trampa para abejas polinizadoras, la compra de insumos orgánicos que puedan tener mayores precios de mercado, el trabajo y tiempo requerido para la adecuación de las prácticas agrícolas y el proceso de evaluación y manejo adaptativo de la estrategia de conservación.

La conservación de áreas con potencial ecológico implica el reconocimiento a los propietarios de los costos de oportunidad de detener la ampliación de la frontera agrícola en sus predios. Los cultivos de cholupa, especialmente los que se han establecido en predios ajenos (por arrendatarios) se encuentran en propiedades de grandes extensiones (21,2 hectáreas en promedio) las cuales son parceladas y arrendadas para diversos fines agrícolas. De hecho, la mayoría de ellas se encuentra en matrices de mosaicos con cultivos, mosaicos de pastos con cultivos, pastos arbolados y limpios. Dentro de las áreas conservadas aledañas se destacan algunos parches de arbustales densos y bosques fragmentados con pastos y cultivos (Figura 4-2). En caso de requerir establecer los costos de oportunidad de cada predio, es muy importante evaluar su valor ecológico

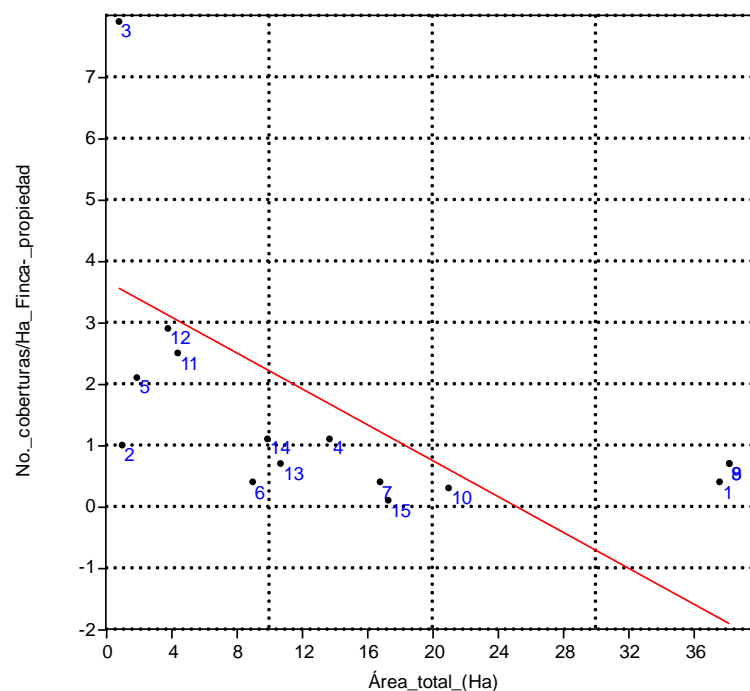
Figura 4-2: Mapa de coberturas del suelo y la ubicación de las propiedades (en rojo) dentro de las que están los cultivos de cholupa analizados.



Dentro de las propiedades donde se ubican los cultivos de cholupa, algunas de ellas mantienen áreas de cobertura vegetal densa, cuyas características de estructura y función ecológica podrían reforzarse con algún tipo de incentivo a la conservación a un menor costo (respecto al escenario de tener que restaurar áreas completamente descubiertas). Diez de los 15 agroecosistemas evaluados presentan menos del 20% de la finca con coberturas vegetales densas. Las demás conservan entre el 30% y el 40% de su propiedad. La relación entre el área de la finca y el porcentaje de cobertura

conservada es directamente proporcional pero no estadísticamente significativa ($r= 0,44$; $p= 0,63$). Por su parte, la cantidad de coberturas presentes por hectárea en cada una de estas propiedades (indicativo de la diversidad productiva de la propiedad), sí tiene una relación inversamente proporcional con el área total de la finca ($r= -0,49$; $p=8,04 \text{ E-}14$) (Figura 4-3).

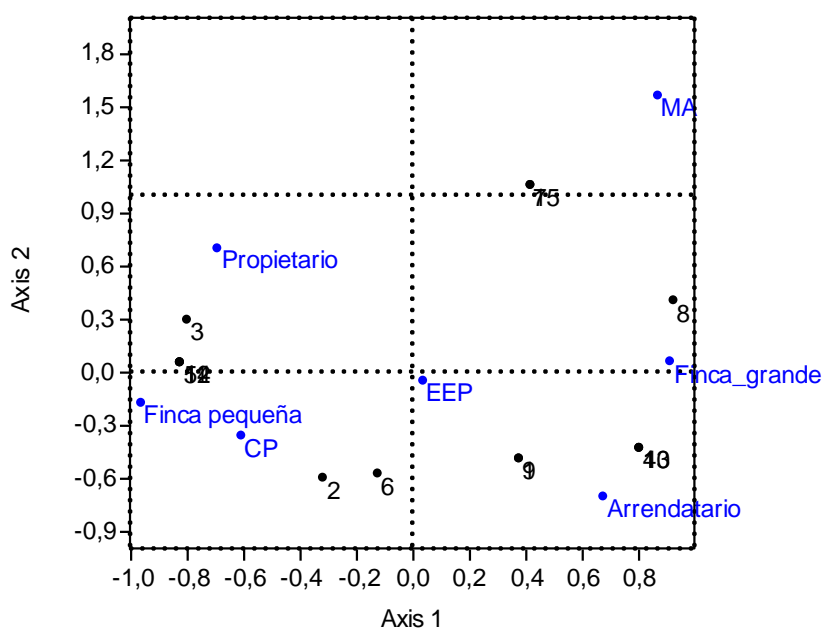
Figura 4-3: Relación entre el número de coberturas mantenidas al interior de la propiedad y el área total de ésta.



Las fincas más pequeñas entonces, mantienen una mayor diversidad de coberturas, lo que se esperaría que tuviera relación con la biodiversidad de recursos disponibles para las abejas nativas. Además, las fincas pequeñas se encuentran más relacionadas con prácticas menos perjudiciales de control de plagas, que las fincas grandes. Esto se determina en gran medida dado que la mayoría de cultivos establecidos en fincas pequeñas, se encuentran en terrenos propiedad del productor. Los cultivos que se encuentran en propiedades de gran tamaño, se establecen por lo general en lotes arrendados (Figura 4-4).

De este modo, es de esperarse que en un posible esquema de PSA por conservación de la polinización en este sistema, el papel de las fincas más pequeñas sea el de incrementar la diversidad local o agrobiodiversidad de sostenimiento de recursos alimenticios; mientras que las fincas de mayor tamaño pueden tener un potencial más alto de incremento y mejoramiento de áreas importantes ecológicamente como corredores o parches bien conservados para el establecimiento de áreas de nidificación.

Figura 4-4: Análisis de correspondencia entre los principales componentes de la EAP que inciden sobre los polinizadores, y el tamaño y tipo de propiedad de la finca



4.2.3 Sobre los costos de transacción

Los costos de transacción en un posible esquema de PSA corresponden al trabajo técnico para relacionar la estructura del ecosistema con la provisión del SE; la creación de las organizaciones de manejo y monitoreo; establecer las instituciones legales que darán soporte al acuerdo; y los costos de operación correspondientes al monitoreo y renegociación de los contratos (Pagiola *et al.*, 2012, citado en Kemkes *et al.*, 2010). Para la conservación de la polinización en cholupa, corresponderían a dos factores esenciales: el seguimiento y evaluación de la provisión del SE (que permitiría de manera adaptativa relacionar el estado del ecosistema con la provisión del SE) y los trámites legales y de negociación para concertar los contratos y compromisos a pactar y los beneficios a recibir.

En cuanto al seguimiento y evaluación del SE, una vez dilucidados los factores que inciden en la adicionalidad de este, y que podrían transformarse a través de algún tipo de incentivo, surge el problema de la *condicionalidad* del pago. Se ha propuesto que una mejor estrategia para hacer los esquemas de PSA más eficientes, es establecer la condicionalidad respecto a los cambios en el uso del suelo que se implementen, y no a la provisión del servicio como tal (Porrás *et al.*, 2012). En sentido estricto, de acuerdo a la definición del objetivo de un posible esquema de PSA por polinización, descrita anteriormente, los cambios en el uso y manejo del suelo en el agroecosistema y sus alrededores, son sobre los que se espera que influya directamente el incentivo.

Sin embargo, en el servicio de polinización, que tiene que ver con las decisiones que las personas toman sobre su actividad económica principal, en este caso el cultivo de cholupa, se considera bastante importante permitir que los productores puedan establecer una conexión entre sus nuevas prácticas y la calidad del servicio que están percibiendo. Aunque en muchos SE el seguimiento puntual puede ser muy costoso y sus mecanismos pueden incluso no contar con la información biofísica necesaria, la polinización es un servicio cercano a los productores de cholupa para el cual el monitoreo se considera una fortaleza más que una debilidad.

Al respecto, una alternativa frecuentemente recomendada específicamente para el servicio de polinización es la aproximación de las escuelas de campo o *Farmer Field School Approach* (FFS). Esta es una propuesta desarrollada hace cerca de 25 años por la FAO, basada en los conceptos y principios del aprendizaje centrado en la gente, y que surge como alternativa a la visión convencional de la extensión de arriba hacia abajo (*top- down*) basada en la evaluación y verificación de ciertos patrones en las fincas (www.fao.org). Se trata de grupos de productores que estudian juntos un tema en particular, de incumbencia común y a través de la guía de un *facilitador* pueden tomar decisiones y empoderarse como conocedores del sistema que trabajan (Sustainet EA, 2010).

Específicamente para la polinización se ha propuesto el enfoque de las FFS en distintos países del mundo, ofreciendo una guía lo suficientemente amplia como para evaluar las condiciones particulares de cada sistema agrícola, pero lo suficientemente puntual como para facilitar el trabajo de cualquier tipo de comunidad. La Guía para la Evaluación Socioeconómica Participativa de las Prácticas Amigables con los Polinizadores (Grieg-Gran & Gemmill- Herren, 2012), como complemento del Protocolo para Detectar y Evaluar el Déficit de Polinización en Cultivos (Vaissière *et al.*, 2011), son herramientas que recogen las posibilidades de evaluación y seguimiento del SE de polinización de manera participativa y que pueden ser adaptadas, entre otros, al caso de la cholupa en el Huila.

Las ventajas de establecer una estrategia participativa de monitoreo del servicio en Rivera, con los productores, son numerosas. En primer lugar, muchos de ellos identifican los principales visitantes florales del cultivo, reconocen sus sitios de nidificación y perciben su presencia fácilmente durante sus actividades diarias de mantenimiento dentro del cultivo. Por otro lado, a partir del conocimiento que ya se tiene por parte de los productores, entender las dinámicas, las relaciones y los *trade- offs* entre las distintas prácticas de manejo de su cultivo, así como el impacto en su productividad, puede incrementar significativamente la sostenibilidad y el impacto de un posible esquema de PSA.

Finalmente, el monitoreo continuo del SE a nivel local podría ser una herramienta muy útil para develar aciertos y fallas sistémicas en el enfoque de conservación utilizado e implementar un verdadero sistema de manejo adaptativo, tal y como se ha recomendado para sistemas complejos de este tipo. Esta propuesta, tendría en cuenta tres de los 10 principios propuestos por Farley y Costanza (2010) para el uso de los esquemas de PSA, establecidos en la Declaración de Heredia (Costa Rica, 2007). Estos principios son el *manejo adaptativo*, la *educación y política* y la *participación*.

El primero de ellos parte del reconocimiento de los niveles significativos de incertidumbre en la medición de cualquier SE y propende por la compilación e integración continua de información apropiada para aprender y manejar el sistema en respuesta a la situación actual. Por su parte, el principio de educación reconoce que en los esquemas de PSA implementados hasta el momento, el conocimiento obtenido sobre el funcionamiento de los sistemas, no se comparte; por lo que es necesario hacerlo y fortalecer de ese modo las acciones políticas de conservación. Finalmente, el principio de participación establece la importancia de la vinculación de todos los actores relacionados en la formulación e implementación de esquemas de PSA. Esto logra dar credibilidad a los acuerdos pactados (Farley & Costanza, 2010).

De este modo, con base en la definición establecida previamente en cuanto a un PSA enfocado a la polinización, el pago debería estar condicionado al cumplimiento en las actividades de transformación de prácticas de manejo establecidas como resultado del proceso continuo de manejo adaptativo (o monitoreo). Estas actividades, gracias al papel predominante de los facilitadores y asistentes técnicos, tendrán altas probabilidades de ligarse efectivamente al aumento en la provisión del SE y en cierta medida en la biodiversidad de polinizadores en la región. Se propone entonces un pago con un fuerte componente en especie, correspondiente al personal facilitador de los procesos participativos, los elementos de medición del servicio y los insumos del cultivo de acuerdo a los resultados obtenidos constantemente en la FFS o una figura similar.

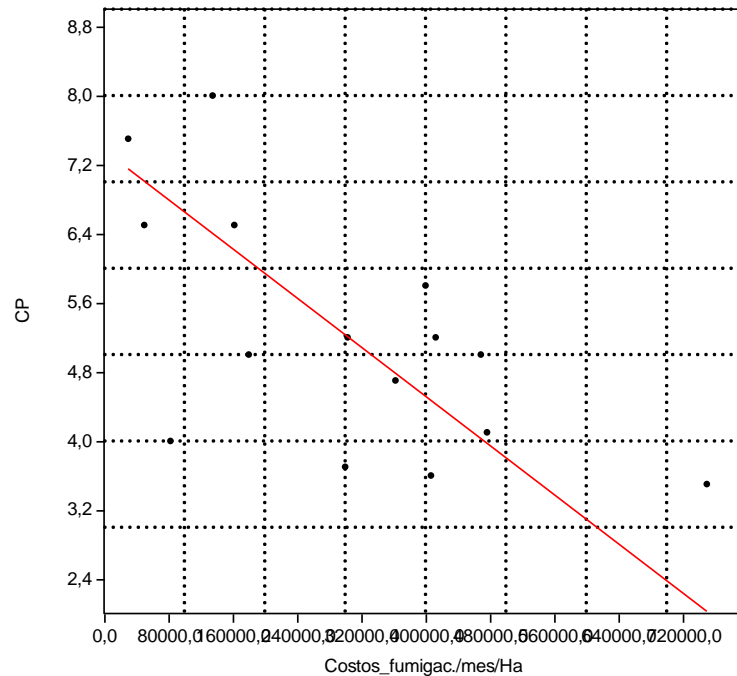
Es muy importante puntualizar que la importancia de condicionar el pago a la cuantificación, monitoreo y adaptación de las acciones que finalmente se traducirán en impactos sobre el SE, radica en este caso en el carácter público de los beneficios

percibidos del servicio. En un caso totalmente opuesto de PSA, basado en los postulados básicos de la economía ambiental y el teorema de Coase, la negociación entre dos partes privadas permitiría establecer los pagos que ambas partes convinieran, de acuerdo a lo que cada una de ellas estaría dispuesta a aceptar o no. Los recursos públicos que se deberían invertir, por el contrario, en un posible esquema de PSA por conservación de la polinización, deben responder a normas de eficiencia y por lo tanto a los requerimientos biofísicos puntuales del SE que pueden ser potencializados a partir de la implementación de mejores prácticas agrícolas.

Tomando como referencia los costos asociados al cultivo de cholupa que más relación presentan con el SE de polinización (Figura 4-1), los cuales corresponden a las prácticas de fumigación (compra de agroquímicos y mano de obra) y manejo de arvenses (método implementado), se estableció el posible ahorro resultante en caso de implementar un esquema de tipo PSA. Pudo comprobarse que la relación entre la variable CP (control de plagas) de la EAP con los gastos asociados a la fumigación del cultivo por hectárea y por mes, es inversamente proporcional ($r = -0,63$; $p = 8,64 \text{ E-}70$) (Figura 4-5). Esto implica que efectivamente una reducción en el uso de agroquímicos, el grado de toxicidad de los mismos y posiblemente de la frecuencia de aplicación, generará menores gastos de mantenimiento del cultivo por este concepto.

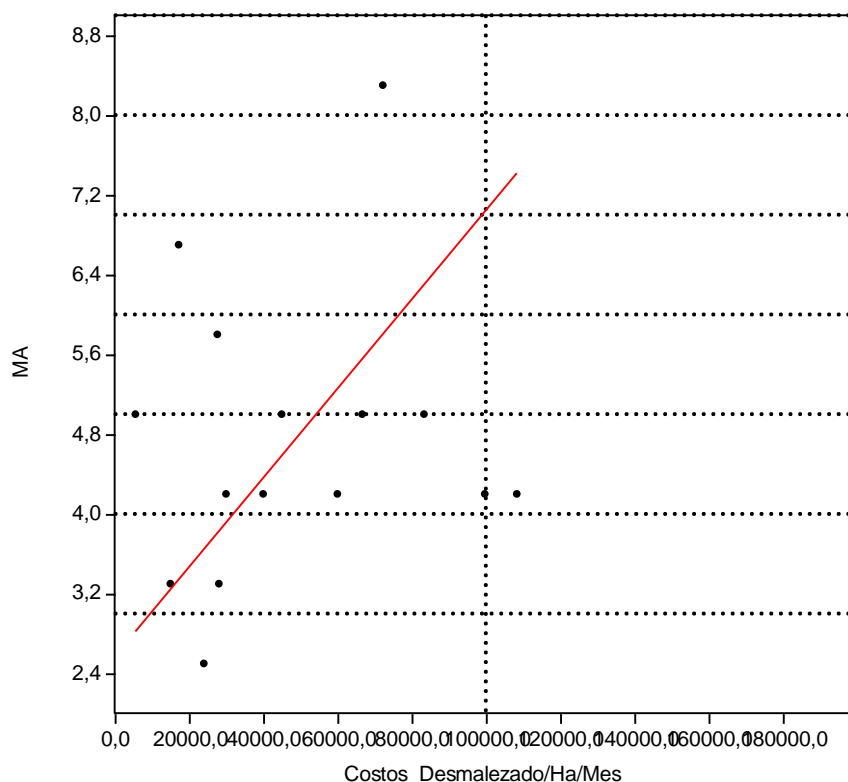
Dentro de los gastos totales de mantenimiento del cultivo por mes y por hectárea, los costos de fumigación oscilan entre 12% y 90%. Sin embargo, en las fincas donde las prácticas de control de plagas son más nocivas para los polinizadores (CP menores a 4), los gastos por fumigación del cultivo representan siempre más del 50% del gasto mensual. Esto implica, que el cambio de las prácticas de control de plagas generará ahorros proporcionalmente mucho más altos en fincas donde se requiere una mayor transformación y el impacto sobre las poblaciones de polinizadores, es más crítico.

Figura 4-5: Relación entre la variable CP y los gastos asociados a la fumigación del cultivo de cholupa por mes y por hectárea.



Respecto al manejo de arvenses (MA), la relación con los gastos mensuales relacionados con el control de éstas por hectárea, es directamente proporcional pero no tan marcada ($r= 0,13$; $p= 5,56 \text{ E-}58$) (Figura 4-6). Estos resultados se deben posiblemente a la variabilidad en el precio de los distintos métodos implementados en el manejo de arvenses y a la baja correspondencia entre métodos nocivos para los polinizadores y altos costos. En este caso, los cambios en el balance de gastos correspondientes a esta práctica, dependerán de las alternativas de manejo elegidas de acuerdo a la planeación de los agroecosistemas en un posible esquema de PSA. Los costos de implementar una mejor conexión con la EEP, por su parte, dependerán de la estimación de los costos de oportunidad por conservación establecidos en cada uno de los predios.

Figura 4-6: Relación entre la variable MA y los gastos asociados al desmalezado del cultivo de cholupa por mes y por hectárea.



4.3 Elementos institucionales de aplicación

Retomando el carácter público del SE al que se enfocaría un posible esquema de PSA en cholupa, en el Huila, éste sería viable siempre y cuando fuera financiado con recursos públicos (dada la cantidad de beneficiarios), en un tiempo determinado. Con base en la experiencia del programa de Familias Guardabosques cuyo objetivo era la reconversión de cultivos ilícitos hacia zonas de protección forestal, los ingresos obtenidos del apoyo económico a ellas, eran recibidos bimestralmente y establecidos en su totalidad para un período máximo de tres años. Dado que el programa se acompañó de la asistencia técnica necesaria para la puesta en marcha de las alternativas productivas, su expectativa era aportar el pago económico hasta el punto en que se le diera sostenibilidad y autosuficiencia a las personas en el tiempo. Este programa se considera

con potencial de transformación en un PSA (Blanco, 2005) y un buen ejemplo sobre la ventana temporal en la que podría llevarse a cabo un posible esquema de incentivos por polinización. Este entonces, con el objetivo de motivar la etapa inicial de una transformación en las prácticas agrícolas y manejo del suelo (en ecosistemas y agroecosistemas) y garantizar la sostenibilidad posterior de las acciones enfocadas a la conservación de polinizadores, independientemente del incentivo económico.

El análisis anterior, tiene implicaciones directas sobre el carácter *voluntario* de un posible incentivo enfocado al servicio de la polinización. No tiene sentido que la conservación de los SE que se pueden considerar públicos, se encuentre sujeta a pagos voluntarios desde una perspectiva de negociación privada a partir de la cual surge la propuesta de los PSA (Farley & Costanza, 2010). Atendiendo a las características biofísicas inherentes a la provisión de un servicio como el de la polinización (no rival y no excluyente), un posible esquema de PSA sólo podría implementarse como un acuerdo entre las entidades oficiales del Estado o la autoridad ambiental de la región y los proveedores del SE. En este sentido, un instrumento alternativo de incentivo a la conservación evitaría el tratar de ajustar aquellos elementos que no se aplican para el SE de polinización, respecto a los esquemas de PSA. Además, podría tener un objetivo y unos alcances, en materia de conservación, muy similares.

Como se plantea en la presente propuesta alternativa, ciertas condiciones inherentes a las percepciones, conocimiento del SE y conexión con el mismo que presentan los productores de cholupa en Rivera, además de los procesos asociativos que han adelantado con la Cooperativa de Cholupa del Huila y la obtención del sello de denominación de origen, entre otros, hacen que éste sea un gremio potencial en la provisión y protección del SE de polinización natural. Sin embargo, teniendo en cuenta los elementos desarrollados a lo largo de este capítulo, productores de otros frutales sembrados en la región, dependientes de polinización, pueden entrar a participar del posible incentivo de manera paulatina. Esta opción es viable dado el carácter público de los beneficios generados por la conservación de la biodiversidad de polinizadores y la creación de una única institución representante de los beneficiarios del SE. Esto dependerá del diseño específico que se proponga eventualmente.

Teniendo en cuenta que el único actor para el que se ve viable la financiación de un instrumento económico de conservación de este SE, es el sector público y a nivel regional las entidades enunciadas en el esquema, la implementación de un *incentivo* directo a la conservación o incluso un esquema “tipo- PSA” estrictamente público, serían las opciones más acordes con la realidad del sistema de producción.

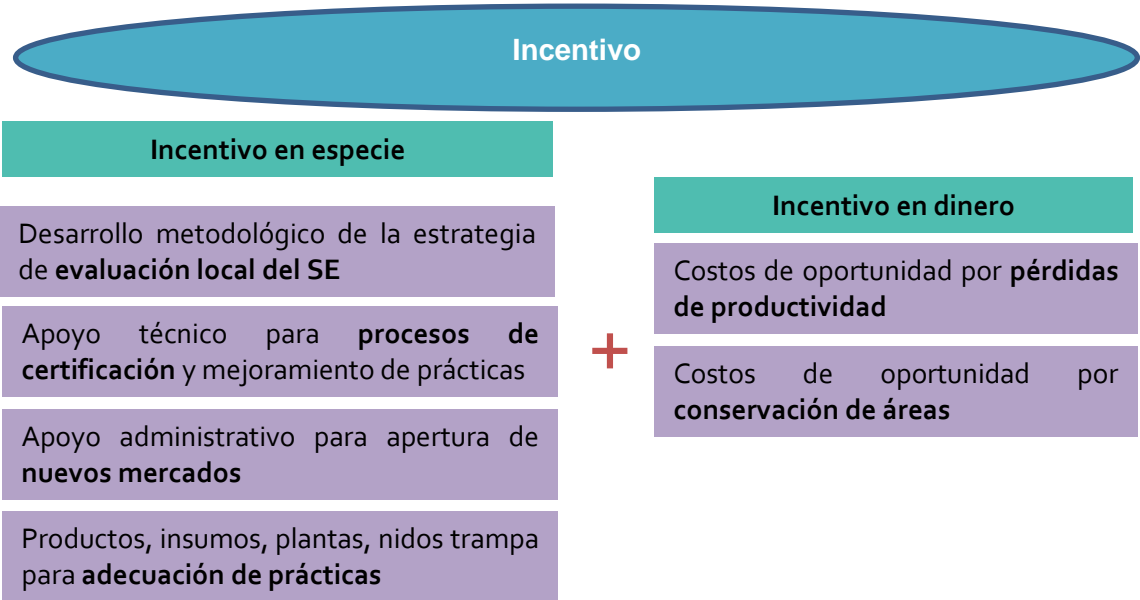
El incentivo (en dinero y en especie) propuesto (Figura 4-7), corresponde con los mínimos requeridos para una transformación del sistema productivo hacia un programa de manejo consciente de la conservación del SE de polinización. Este debe involucrar tanto a los productores arrendatarios (enfocados al cambio de las prácticas de manejo del cultivo), productores propietarios (enfocados a una organización espacial agroecológica y una diversificación funcional) y propietarios de fincas donde se arriendan los terrenos para cultivar (enfocados a la protección de áreas de alto valor ecosistémico). A medida que se involucren una mayor cantidad de actores regionales en la planeación e implementación de un posible incentivo a la conservación, éste podría contar con un mayor nivel de confianza y por tanto, una mayor sostenibilidad.

A partir de lo anterior, se propone el esquema de actores y articulación institucional presentado en la Figura 4-8, que responde a nivel macro a lo establecido en el decreto 870/2017 donde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) establecerán los lineamientos técnicos y metodológicos para la implementación de PSA y otros incentivos a la conservación en el país. Se espera que la articulación entre los instrumentos reglamentarios emitidos por estas tres entidades, de la línea inicial de implementación de un posible incentivo por conservación de la polinización natural en cultivos.

Por otro lado, se establecen como posibles fuentes de financiación, las establecidas por ley e incluidas en el decreto 870/2017, además de los posibles incrementos en el precio de la cholupa por cuenta del acceso a certificaciones de calidad y el fortalecimiento en el uso del sello de denominación de origen para la apertura de mejores mercados (mercados especiales tanto en Colombia como en el exterior) de este frutal. Esto podrá garantizarse una vez las prácticas de manejo agrícola del cultivo sean modificadas hacia

aquellas menos contaminantes, que concuerdan con las requeridas para la conservación de polinizadores nativos.

Figura 4-7: Principales elementos de la propuesta alternativa de incentivo económico por conservación del SE de polinización natural



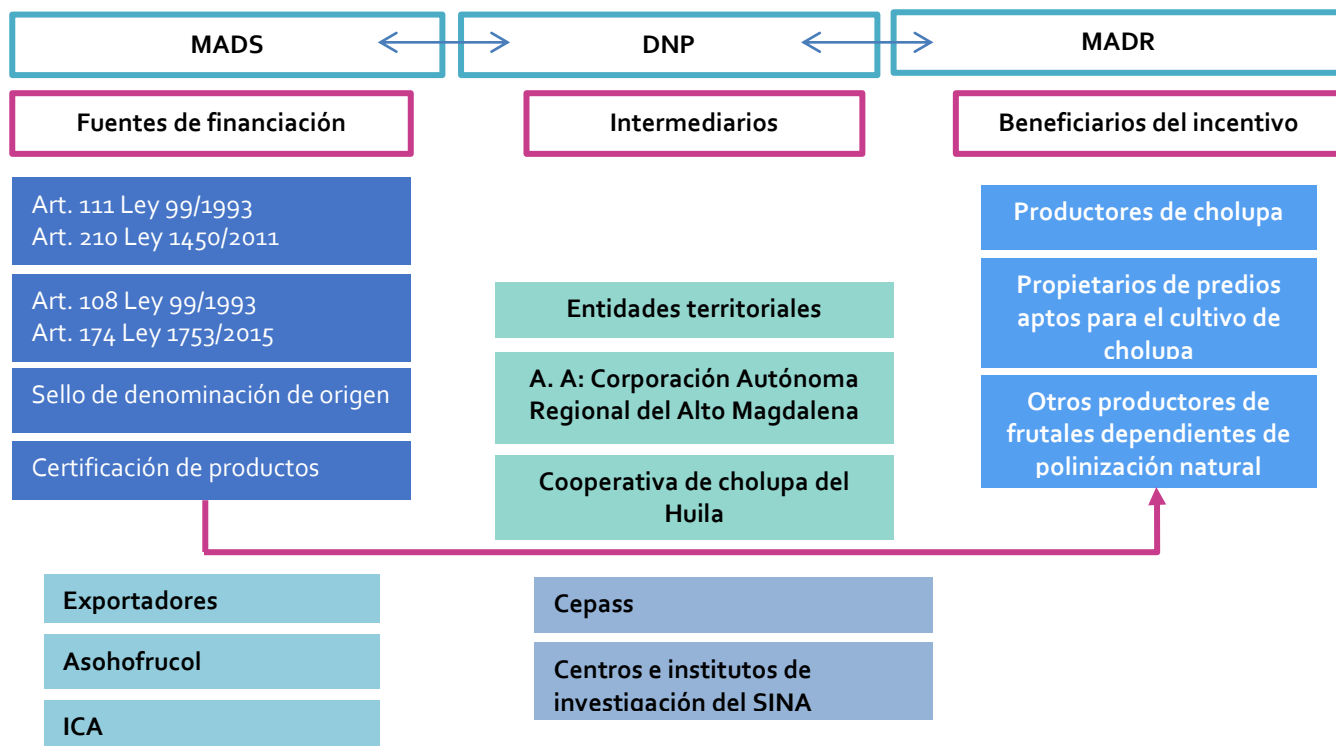
Teniendo en cuenta los procesos de organización que ya se han llevado a cabo en Rivera, la Cooperativa de Cholupa del Huila se postula como un intermediario y veedor importante dentro de un posible incentivo económico por polinización, en coordinación con los entes territoriales y la autoridad ambiental con jurisdicción en Rivera, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Actualmente la cooperativa de cholupa administra el uso del sello de Denominación de Origen de este frutal y con esto, puede alinear sus objetivos con los establecidos en la propuesta alternativa de incentivo económico. Del mismo modo, es una organización con amplio interés en la certificación de los cultivos y la implementación, por el momento, de buenas prácticas agrícolas. Del mismo modo, el papel de las entidades territoriales y autoridades ambientales está claramente definido en el decreto 870/2017, en la implementación de posibles incentivos económicos a la conservación (Figura 4-8).

Finalmente como beneficiarios del incentivo pueden reconocerse los productores de cholupa, pero además aquellos propietarios de predios aptos para el cultivo de este frutal. Lo anterior, dado que de acuerdo a lo establecido a lo largo de este trabajo, el mantenimiento de la Estructura Ecológica Principal (EEP) del paisaje a una mayor escala que el agroecosistema menor, depende de los grandes propietarios que arriendan lotes para el cultivo de cholupa. Pese a que la calidad de la EEP es buena en el municipio, definitivamente debe pensarse en los propietarios de las grandes fincas como garantes (y restauradores) de esta estructura a nivel de paisaje a largo plazo. Por último, podrían adherirse paulatinamente como beneficiarios del incentivo, los productores de otros frutales cultivados en el municipio con requerimientos similares de polinización. Estos requerimientos, si bien pueden no corresponder a las mismas especies de polinizadores, posiblemente sí se correspondan en los requerimientos generales de hábitat y recursos florales que estas tengan a nivel general.

En la base de la Figura 4-8 se presentan por último algunas entidades de base que deberían soportar la propuesta de incentivo económico alternativa. Por un lado, como apoyo a los procesos de certificación de calidad de las frutas y el impulso al manejo del sello de denominación de origen (fuentes de recursos), se proponen como entidades clave a Asohofrucol, el ICA y las distintas empresas de exportadores que generalmente facilitan estos procesos con los productores.

Por último, la CEPASS y otros institutos de investigación del SINA se proponen como entidades de soporte a la veeduría, control y monitoreo del SE, dado que como ya se estableció a lo largo del trabajo, el seguimiento a un SE como la polinización natural implica un alto nivel de detalle en la caracterización biofísica del mismo, además de experticia para facilitar el seguimiento de las condiciones del paisaje e internas de los sistemas agrícolas.

Figura 4-8: Esquema de actores y articulación institucional para la implementación de un posible incentivo por conservación del SE de polinización natural en cultivos de cholupa del Huila.



5. Conclusiones y recomendaciones

En primer lugar, la aproximación de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) es una herramienta que puede adaptarse al servicio ecosistémico de la polinización, y dentro de ella las variables más determinantes para este servicio son la EEP, MA y CP (incluida en este trabajo). En el caso de los cultivos de cholupa, en el Huila, la conexión de los agroecosistemas menores con los fragmentos de vegetación circundantes, es un componente que puede considerarse como una ventaja para la protección del SE y una potencialidad a ser aprovechada en posibles propuestas de incentivos económicos dirigidas a este fin. Por su parte, los componentes de MA y CP presentan valores críticos en la mayoría de cultivos, lo que hace que incentivar (a través de apoyo económico y técnico) mejores prácticas agrícolas amigables con los polinizadores, a nivel del agroecosistema, sea indispensable.

Las prácticas a implementar al interior del cultivo, tales como el mejor manejo de arvenses, la protección de la estructura y organización del suelo y el uso de madera seca que pueda ser utilizada por abejorros para nidificar, pueden beneficiar el establecimiento de poblaciones de polinizadores. Sin embargo, mientras no haya un cambio tecnológico importante que garantice las condiciones mínimas de permanencia y desarrollo de poblaciones saludables, es recomendable favorecer el establecimiento de nidos en áreas alternas al área de cultivo. Estas pueden ser las cercas vivas, siempre que se fortalezca su estructura ecológica o las áreas de vegetación secundaria bien conservadas dentro de las propiedades que se parcelan y arriendan para el establecimiento de distintos cultivos.

Las prácticas de manejo del agroecosistema que aparentemente no tienen relación con la protección del SE de polinización, afectan a su vez la estructura agroecológica de la finca como un todo. Los productos utilizados y las decisiones tomadas respecto al

componente suelo, por ejemplo, generan flujos verticales de transporte hacia las hierbas y otras plantas que conforman la agrobiodiversidad, incidiendo de manera indirecta en las poblaciones de abejas silvestres. Se determinó que las decisiones de los productores sobre las prácticas a implementar en sus cultivos tienen que ver con sus motivaciones intrínsecas respecto al cuidado ambiental, el tipo de asistencia técnica disponible y su capacidad económica.

El SE de polinización natural en particular es un servicio complejo dependiente de diversos factores a escala local (de agroecosistema) y regional (de paisaje), dentro de las cuales es importante proveer las condiciones de alimentación, reproducción y refugio, que determinan principalmente la estructura de las poblaciones de abejas polinizadoras. Frente a otros SE hacia los que se han enfocado tradicionalmente la mayoría de esquemas de PSA, es un servicio bien definido y estudiado a nivel global (IPBES, 2016) y nacional (ICPA, 2016), lo que puede constituirse en una ventaja para la implementación de instrumentos económicos enfocados a la conservación, en general, de los SE provistos en agroecosistemas, hacia los cuales el marco normativo en Colombia empieza a enfocarse legalmente con el decreto 870/2017.

Además, las medidas necesarias para la protección y restauración de las coberturas más importantes para soportar las poblaciones de polinizadores en agroecosistemas, permiten la conservación de una gran cantidad de servicios ecosistémicos adicionales identificados por los productores. Esto hace que el SE de polinización natural pueda funcionar como un servicio de tipo “sombrilla” a nivel regional.

En cuanto al concepto tradicional de PSA los principales elementos que no se ajustan a la realidad de la región estudiada ni del SE de polinización, tienen que ver con el carácter netamente público del servicio y la diferenciación espacial entre beneficiarios del incentivo y “beneficiarios” o interesados en el pago del mismo. Otros elementos básicos de la estimación del monto a pagar en el diseño tradicional de PSA, tampoco concuerdan con la naturaleza del SE de polinización. Los costos de oportunidad, en este caso, no solo implican valorar las actividades productivas que se dejan de realizar al transformar los usos del suelo hacia la conservación; sino cuantificar ganancias y pérdidas altamente variables, en referencia a una serie de acciones de adaptación paulatina del sistema productivo. Por otro lado, el cálculo del monto a pagar basado en métodos de valoración

de preferencias declaradas (comúnmente utilizados en el establecimiento de PSA), no es el más adecuado ni utilizado a nivel global para estimar el valor de la polinización natural.

Pese a lo anterior, se considera que en el estudio de caso presentado para el cultivo de cholupa en una región del Huila, existe una potencialidad para implementar otro tipo de incentivo por conservación, debido a que podría contribuir a incrementar el interés de los productores por implementar autónomamente un esquema dirigido a la conservación de polinizadores. Dado que, pese al reconocimiento de la importancia de estos agentes en la productividad de sus cultivos, no se han propuesto acciones concretas para incrementar o mejorar las condiciones de sus poblaciones naturales, por lo que un incentivo permitiría obtener altos niveles de adicionalidad del servicio. Un posible incentivo solo funcionaría, sin embargo, acompañado de estrategias de participación local y el apoyo e interés de los entes territoriales, las autoridades ambientales y las instituciones de investigación.

Frente a la participación local, se considera un elemento a destacar con miras a una transformación de prácticas agrícolas perjudiciales para la biodiversidad, con base en sistemas de manejo adaptativo, teniendo en cuenta la incertidumbre y complejidad inherentes al SE. El seguimiento y monitoreo participativos de un posible incentivo a la conservación a nivel de finca, constituirían aspectos clave, que, pese a los altos costos de implementación, que son relativos, generarían beneficios adicionales a los económicos para la población. Las herramientas metodológicas disponibles para la implementación de esquemas participativos de evaluación de este SE, dan alcance a una gran parte de las necesidades de empoderamiento, concientización y creación de capacidades locales, por parte de los productores de cholupa.

El seguimiento a las poblaciones de polinizadores locales y la efectividad de las acciones de protección, son estrategias que en el caso de la polinización han mostrado una mayor efectividad desde el enfoque de la participación local y no desde el “comando y control”. Buenas formas organizativas (necesarias en mosaicos de cultivos), así como sistemas potentes de información a nivel regional, son herramientas que asegurarían el éxito de esquemas de apoyo económico en pro de la conservación de los polinizadores nativos. Además, estos elementos concuerdan con lo establecido en el artículo 21 del decreto

870/2017 que indica como garantía de sostenibilidad de los incentivos, la participación comunitaria.

La asistencia técnica pertinente, por su parte, sería uno de los múltiples componentes en especie que deberían ser indispensables en un incentivo por conservación de la polinización natural en cultivos. Debido a que este fue identificado como un factor esencial en la toma de decisiones de los productores, y teniendo en cuenta las altas expectativas y motivaciones intrínsecas en torno a la recuperación de los polinizadores, se considera básico para la ejecución de transformaciones efectivas de prácticas de los cultivos. Otros componentes del incentivo en especie propuesto alternativamente, corresponderían al desarrollo de la propuesta metodológica de evaluación local del SE (con la participación de los centros de investigación del SINA, en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), el apoyo técnico para los procesos de certificación de la cholupa producida bajo sistemas limpios, el apoyo para la apertura de nuevos mercados de este frutal en el país y fuera de él, así como los demás insumos requeridos (plantas, nidos trampa, insumos biológicos, etc) para una adecuación de los agroecosistemas a la protección de los polinizadores.

En particular, las condiciones institucionales de la región, referentes a la organización cooperativa y la existencia de autoridades ambientales y centros de investigación específicos para el grupo de las pasifloras, favorecen la administración comunitaria de acuerdos de implementación de mejores prácticas amigables con los polinizadores, a bajos costos de transacción. Este es un punto a favor en los municipios de Rivera y Campoalegre no solo para el establecimiento de incentivos enfocados en la conservación de la polinización natural, sino para la evaluación de múltiples alternativas de protección de este SE.

La propuesta presentada en el presente trabajo, incluye lineamientos generales que pueden tenerse en cuenta en el diseño y evaluación de posibles esquemas de PSA enfocados a diversos SE provistos en agroecosistemas. Las conclusiones puntuales se obtienen del estudio particular del caso del sistema cholupa- polinizadores silvestres en los municipios de Rivera y Campoalegre en el Huila. Por lo tanto, el posible diseño posterior de cualquier tipo de esquema de PSA o incentivo a la conservación, como se recomienda para este SE, debe acompañarse de estudios de las situaciones puntuales

de las redes de interacción de polinización, objeto del esquema. Un factor clave en el diseño y la evaluación posterior de éste, siempre será la participación de todos los agentes involucrados, lo que generará mayor sostenibilidad de las políticas adoptadas y mayor confianza por parte de los productores.

Por último, se recomienda a los productores de cholupa en el Huila, evaluar a conciencia las posibles alternativas de manejo relacionadas con los polinizadores, tales como la introducción de colmenas de *Apis mellifera* en los cultivos o la contratación de servicios de polinización manual. Esto teniendo en cuenta el alto interés que ellos demuestran por mantener buenos niveles de polinización para garantizar la calidad de sus productos. Pensar en el largo plazo es estratégico para tomar decisiones referentes a dichas alternativas, puesto que el aumento de producción inmediata puede traducirse en el detrimento posterior de la biodiversidad de manera irreversible. Ellos, gracias a su excelente organización, conocimientos y compromiso con el posicionamiento comercial del frutal a largo plazo, cuentan con las principales herramientas de decisión, por lo que se sugiere tener en cuenta para dicho ejercicio, las consideraciones plasmadas en este documento y adoptar las medidas necesarias para garantizar la sostenibilidad de este importante sistema productivo.

Anexos

A. Descripción de las variables utilizadas para estimar la EAP

Componente	Nombre	Descripción	Valor
EEP	Conexión con la Estructura Ecológica Principal del Paisaje	Estado de conectividad de la finca con el paisaje circundante, determinado por la distancia a fragmentos de vegetación natural, la calidad de esos fragmentos y de la matriz general que rodea a la finca.	1-10
ECE	Extensión de Conectores Externos	Porcentaje del perímetro del cultivo que se encuentra rodeado por cercas vivas.	1-10
DCE	Diversificación de Conectores Externos	Diversidad en las cercas vivas o setos que rodean la finca expresada en términos de las especies tanto de árboles como hierbas presentes y su representatividad.	1-10
DIC	Diversificación al Interior del Cultivo	Diversidad dentro de las áreas sembradas de cholupa. Corresponde principalmente al estrato herbáceo que se mantiene al interior de los cultivos.	1-10

Componente	Nombre	Descripción	Valor
US	Uso y Conservación del suelo	Características relacionadas con el manejo del recurso suelo dentro de la finca. Se refieren a las prácticas de preparación del suelo para la siembra y el % de suelo desnudo en el cultivo, como estimativo de los procesos erosivos.	1-10
MA	Manejo de Arvenses	Intensidad y frecuencia de las prácticas utilizadas para manejar arvenses dentro del cultivo.	1-10
OP	Otras Prácticas de Manejo	Presencia de otras prácticas de manejo no relacionadas directamente con la polinización, pero sí con un manejo agroecológico de la finca, tales como la selección de las semillas, la frecuencia del riego o el conocimiento e interés en procesos de certificación del cultivo.	1-10
PC	Percepción-Conciencia	Grado de conciencia ambiental sobre la importancia de mantener diversas coberturas vegetales, el riesgo en que se encuentran las poblaciones de polinizadores, la importancia de éstos para sus cultivos y la responsabilidad del productor de cholupa en su protección.	1-10
CA	Capacidad de Acción	Capacidad o medios (de propiedad, financieros, familiares y de interés personal) para establecer una EAP funcional completa en la finca o un plan de manejo favorable para los polinizadores nativos.	1-10
CP	Control de Plagas	Intensidad y grado de perjuicio que causan en los polinizadores, los métodos de control de plagas utilizados. Se mide en términos de la hora de aplicación, la frecuencia, variedad de productos y toxicidad de los mismos.	1-10

**B. Encuesta de caracterización del
servicio de polinización natural en
cultivos de cholupa en el Huila**



**ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS DE
PRODUCCIÓN DE CHOLUPA (*Passiflora maliformis*) EN RELACIÓN AL SERVICIO
ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN, EN RIVERA, HUILA**

Elaborada por: Laura Victoria Calderón Acero

Fecha: dd/mm/aaaa Finca: _____ Vereda: _____

Forma de llegar: _____

Área*: _____ Has

No. Lotes: _____ Encuestador: _____ Hora inicial: [__:__] Hora final: [__:__]

1. Información personal

1.1 ¿Cuál es su nombre?: _____

1.2 Edad: _____ años **1.3** Sexo: F ☐ M ☐

1.4 ¿Qué nivel de estudios ha completado?

1.5 ¿Cuál es su profesión u oficio principal?

1. Primaria ☐

2. Bachillerato ☐

3. Técnico ☐

4. Profesional ☐

1.6 ¿Hace cuánto vive en esta región?

_____ años

1.7 ¿Hace cuánto trabaja en esta finca? _____ años

1.8 ¿Cuántas personas reciben ingresos económicos de la productividad de esta finca?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ más de 5: _____ personas

1.9 ¿Pertenece usted a alguna asociación de productores de cholupa? Si ☐ No ☐

Cual (es): _____

1.10 ¿Por qué si/no pertenece a la cooperativa Cholupa del Huila?

Observaciones:

2. Información biofísica de la finca

2.1 ¿Cuál es la distancia al bosque más cercano?

2.3 Mediante un recorrido a la finca observar y marcar las siguientes coberturas que se encuentren presentes:

2.5 Para usted, ¿qué función cumple(n) completar con la cobertura en la finca?

[a] Embellecimiento de la finca
[b] Alternativa económica
[c] Sostenimiento de biodiversidad
[d] Ninguna
[e] Otra: _____

[a] Embellecimiento de la finca
[b] Alternativa económica
[c] Producción de cholupa
[d] Producción de otros cultivos o árboles
[e] Consumo para subsistencia
[f] Ninguna
[g] Otra: _____

[a] Embellecimiento de la finca
[b] Delimitación de linderos de la finca
[c] Delimitación de lotes de la finca
[d] Frutales para subsistencia
[e] Barreras frente al viento
[f] Sostenimiento de biodiversidad
[g] Ninguna
[h] Otra: _____

- [a] Embellecimiento de la finca
- [b] Control de la temperatura
- [c] Control de la erosión
- [d] Control de plagas y enfermedades
- [f] Sostenimiento de biodiversidad
- [g] Sitios de recreación
- [h] Ninguna
- [i] Otra:

Observaciones: *Nombres comunes y usos de las especies de las cercas vivas o que rodean al cultivo.*

3. Información económica de la finca (<i>Diligenciar partiendo del audio de la entrevista guardado y de la tabla anexa No. 1</i>)					
No.	3.1 En el último año, ¿cuáles actividades, distintas al cultivo de cholupa, ha realizado en la finca que le generen ingresos económicos?	3.2 ¿Hace cuánto <u>realiza esa actividad</u> ?	3.3 ¿Cada cuánto recibe ingresos por <u>esa actividad</u> ? <u>anotar las unidades</u>	3.4 ¿Cuál es el área de la finca destinada a <u>esa actividad</u> ? <u>anotar las unidades</u>	3.5 La última vez que <u>realizó esa actividad</u> ¿cuánto dinero recibió?
1.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
2.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
3.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
4.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
5.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
6.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
7.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
8.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
9.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
10.		años [] meses	cada []	[]	[\$]
Observaciones:					

4. Costos de producción y prácticas agronómicas aplicadas en el cultivo de cholupa

4.1 ¿Es usted el propietario de la finca? Propietario ☐ Arrendatario ☐ Administrador ☐ Otro ☐ _____

Si arrienda el terreno para la siembra...

4.2 ¿Cuál es el costo del arrendamiento del terreno? \$ _____ / año / mes Otra unidad _____ /

cosecha

4.3 ¿Hace cuánto cultiva cholupa? [_____] meses años

4.4 ¿Reemplaza usted el cultivo de cholupa? Si ☐ No ☐

Si reemplaza el cultivo...

4.5 ¿Cada cuánto lo reemplaza? _____ meses años Otra unidad _____

4.6 ¿Cuál es la edad del cultivo actual? _____ meses años Otra unidad _____

4.7 ¿Cuál es el área del cultivo de cholupa? _____ lotes Has Fan Otra unidad _____

4.8 ¿Cuántas plantas de cholupa tiene sembradas? _____ plantas ¿A qué distancia? _____

4.9 ¿Cuántas cosechas obtiene al año? _____

4.10 ¿Cuándo fue la última cosecha? _____

4.11 ¿En esa cosecha, cuánta cholupa recolectó? _____ lbr Kg bolsas Otra unidad _____

4.12 En el último año, ¿cuál fue el precio mínimo de la cholupa? \$ _____ / lbr bolsa Otra unidad _____

4.13 En el último año, ¿cuál fue el precio máximo de la cholupa? \$ _____ / lbr bolsa Otra unidad _____

Costos asociados a las actividades realizadas por una sola vez durante todo el cultivo de cholupa

En la última cosecha, *leer cada pregunta (4.14 a la 4.18)*

<i>Actividad</i>	4.14 ¿Cuántas personas trabajaron en <u>la actividad</u> ?	4.15 ¿Cuántos jornales de trabajo fueron necesarios en <u>la actividad</u> ?	4.16 ¿Cuánto dinero pagó en jornales durante <u>la actividad</u> ?	4.17 ¿Cuánto dinero pagó por <u>completar con lo indicado abajo para la actividad</u> ?	4.18 ¿Desde o hacia dónde tuvo que transportar los insumos/productos para <u>esta actividad</u> ?
Preparación de las plántulas y siembra			\$ _____ —	Plántulas o semillas	[a] Rivera [b] Neiva [c] Entregados en la finca [d] Otro: _____
Preparación del suelo			\$ _____	Fertilizantes y otros insumos	[a] Rivera [b] Neiva [c] Entregados en la finca [d] Otro: _____

Montaje del sistema de tutorado (Tipo: _____)			\$ _____ —	Materiales para el montaje	[a] Rivera [b] Neiva [c] Entregados en la finca [d] Otro: _____
Cosecha			\$ _____ —	Empaques y otros	[a] Rivera [b] Neiva [c] Recogidos en la finca [d] Otro: _____

4.19 ¿Tuvo algún gasto por el almacenamiento de su producto?

Si ☐ No ☐ ¿Cuál? _____ ¿Por cuánto? \$ _____

4.20 ¿Tuvo algún gasto por la comercialización de su producto?

Si ☐ No ☐ ¿Cuál? _____ ¿Por cuánto? \$ _____

4.21 ¿Dónde comercializa su cosecha? _____

Costos asociados a las actividades realizadas de manera periódica en el cultivo de cholupa					
Actividad	4.22 ¿Qué método utiliza para realizar <u>la actividad</u> ?	4.23 ¿Cada cuánto realiza <u>la actividad</u> en su cultivo?	4.24 ¿Cuántos jornales de trabajo emplea cada vez que realiza <u>la actividad</u> ?	4.25 ¿Cuánto paga por salarios cada vez que realiza <u>la actividad</u> ?	4.26 ¿Cuánto paga por insumos cada vez que realiza <u>la actividad</u> ?
Fertilización	[a] Manual [b] Motorizado	_____ día sem mes		\$ _____ —	\$ _____ —
Fumigación	[a] Manual [b] Motorizado	_____ día sem mes		\$ _____ —	\$ _____ —
Riego	[a] Manual [b] Motorizado	_____ día sem mes		\$ _____ —	\$ _____ —
Poda	[a] Manual [b] Motorizado	_____ día sem mes		\$ _____ —	\$ _____ —
Desmaleza do	[a] Manual [b] Motorizado [c] Herbicidas	_____ día sem mes		\$ _____ —	\$ _____ —
Observaciones: Nombres de productos utilizados en cada fase, formulación, precios e importancia. ¿Cuántos “frascos” gasta cada año o cosecha?					

5. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de cholupa

5.1 ¿Qué plagas ha sufrido su cultivo?

5.2 ¿Qué enfermedades ha sufrido su cultivo?

5.3 ¿Recibe usted asistencia técnica para el control de esas plagas o enfermedades? Si ☐ No ☐

5.4 ¿De qué tipo es la asistencia técnica que recibe?

1. Estatal ☐

2. Privada ☐ 2.1 Ingeniero agrónomo ☐ 2.2 Casa comercial ☐

5.5 ¿Qué método(s) utiliza para controlar las plagas o enfermedades de su cultivo?

[a] Productos químicos [b] Productos naturales [c] Prácticas culturales [d] Ninguno

[e] Otros: _____

<i>Iniciar las preguntas 5.6 a 5.9 con</i> En la última cosecha,	5.6 ¿Qué productos utilizó para controlar plagas o enfermedades <i>en la fase?</i>	5.7 ¿Realizó mezclas de productos <i>en la fase?</i>	5.8 ¿Cada cuánto aplicó estos productos <i>en la fase?</i>	5.9 Por lo general, ¿A qué hora aplicó los productos <i>en la fase?</i>
de floración	1. 2. 3. 4. 5.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cada _____ semanas	[a] Mañana [b] Tarde [c] Noche
de fructificación	1. 2. 3. 4. 5.	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Cada _____ semanas	[a] Mañana [b] Tarde [c] Noche

Observaciones:

6. Polinización en el cultivo de cholupa

6.1 Para obtener la última cosecha de cholupa, ¿contrató usted polinización manual? Si ☐ No ☐

6.2 ¿Ha contratado polinización manual en otro cultivo (maracuyá)? Si ☐ No ☐

Sólo si la respuesta a la pregunta anterior fue si, aplique de la 6.3 a la 6.5

6.3 ¿Cuántas personas trabajaron en la polinización de su cultivo?

6.4 ¿Cuántos jornales de trabajo fueron requeridos para polinizar su cultivo? _____

6.5 ¿Cuánto dinero pagó por esos jornales?

\$ _____

6.6 ¿Por qué <u>si o no</u> contrató polinización manual?		[a] El paquete técnico lo recomienda [b] La polinización manual complementa la natural [c] Sin polinización manual no hay cosecha [d] La polinización natural es escasa [e] La polinización natural es suficiente [f] La polinización no es importante para el cultivo [g] No cuenta con los recursos para hacerlo [h] Otro: _____
6.7 ¿Cree que las abejas tienen algún impacto en la producción de cholupa en esta finca? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<i>Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, responda la 6.8</i>	6.8 ¿Cree que ese impacto es positivo o negativo? Positivo <input type="checkbox"/> Negativo <input type="checkbox"/>	
6.9 ¿Cree que los abejorros tienen algún impacto en la producción de cholupa en esta finca? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
<i>Si la respuesta a la pregunta anterior fue si, responda la 6.10</i>	6.10 ¿Cree que ese impacto es positivo o negativo? Positivo <input type="checkbox"/> Negativo <input type="checkbox"/>	

Se presentan las imágenes de insectos para responder las preguntas 6.11 a 6.13

Especie	6.11 Durante la última floración, ¿observó alguno de estos insectos en su cultivo?	6.12 ¿Considera que este es un polinizador de la cholupa?	<i>Contestar esta pregunta sólo si considera que es polinizador</i> 6.13 ¿Sabe dónde se encuentran los nidos de este insecto?
1. <i>Tetragonisca angustula</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
2. <i>Eulaema cingulata</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
3. <i>Xylocopa frontalis</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe

4. <i>Melipona</i> <i>sp.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
5. <i>Eulaema</i> <i>nigrita</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
6. <i>Apis</i> <i>mellifera</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
7. <i>Centris</i> <i>insignis</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
8. <i>Diptera</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
9. <i>Eulaema</i> <i>polychroma</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
10. <i>Centris</i> <i>flavifrons</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe

11. <i>Euglossa</i> sp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe
12. <i>Epicharis</i> sp.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[a] Bosque [b] Potreros [c] Cultivos [d] Casas u otras construcciones [e] Otra: _____ [f] No sabe

6.14 Desde que estableció el cultivo de cholupa, ¿ha cambiado la cantidad de abejas o abejorros?
Si ☐ No ☐

Preguntar sólo si responde sí a la 6.14

6.15 ¿Las abejas o abejorros han disminuido o aumentado?

Disminuido ☐

Aumentado ☐

Ni disminuido ni aumentado ☐

No sabe ☐

Preguntar sólo si responde la 6.15

6.16 ¿Cuánto han disminuido o aumentado?

[a] un poco

[b] cerca de la mitad

[c] más de la mitad

[d] bastante

*Preguntar sólo si considera que las abejas y abejorros **han disminuido***

6.17 ¿Cuál considera que es la causa de la disminución de abejas y abejorros? (marcar todas las que responda)

[a] Tala de bosques

[b] Intensificación de cultivos

[c] Cambio climático

[d] Enfermedades de las colmenas

[e] Aplicación de agroquímicos

[f] Otra: _____

Observaciones: Preguntar por relaciones que la gente haya observado entre la estacionalidad climática y la abundancia de abejas.

7. Implementación de mejores prácticas	
7.1 ¿Ha escuchado hablar de la agricultura orgánica? No <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/>
7.2 ¿Conoce otros productores que practiquen agricultura orgánica en sus fincas? <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
7.3 ¿Alguna vez ha estado interesado en realizar agricultura orgánica? <input type="checkbox"/>	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

7.4 ¿Cree que realizar agricultura orgánica tiene algún beneficio? []		Si [] No []
7.5 ¿Qué tipo de beneficio?		
[a] Obtener productos de mejor calidad [b] Poder vender los productos a mayor precio [c] Ser reconocidos en el mercado [d] Proteger el medio ambiente [f] Otro: _____		
7.6 ¿Cree que implementar agricultura orgánica representa algún riesgo o costo? []		Si [] No []
7.7 ¿Cuáles son esos riesgos o costos?		
[a] Incremento en los costos de producción [b] Disminución de los rendimientos de los cultivos [c] Mayor dificultad de vender los productos [d] Incremento del trabajo y dedicación al cultivo [e] Falta de asistencia técnica al respecto [f] Otra: _____		
7.8 ¿Cree que los cultivos orgánicos tienen alguna ventaja en el mercado? []		Si [] No []
7.9 ¿Conoce alguno(s) tipo(s) de certificación(es) orgánica(s)? _____ _____ _____		Si [] No [] Cual(es):
7.10 ¿Le interesaría entrar en algún proceso de certificación de su producto? []		Si [] No []
7.11 ¿Estaría usted interesado en exportar su producto? No []		Si []
7.12 ¿Ya ha exportado cholupa alguna vez? No []		Si []
Observaciones: 		

C. Algunas de las especies de árboles más representativas en cercas vivas de cultivos de cholupa

Familia	Especie	Abundancia total (N)
Malvaceae	<i>Guazuma</i> sp.	48
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.	36
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	35
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	26
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i>	22
Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i>	20
Meliaceae	<i>Guarea</i> aff. <i>glabra</i>	20
Fabaceae	<i>Senna</i> sp.	15
Myrtaceae	<i>Myrcia</i> sp.	14
Cecropiaceae	<i>Cecropia</i> aff. <i>angustifolia</i>	13
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	12
Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	10
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp.	10
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	6
Meliaceae	<i>Trichilia appendiculata</i>	6
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	6

Malvaceae	<i>Ochroma pyramidale</i>	6
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	6

Bibliografía

- Aizen, M. A, Garibaldi, L. A, Cunningham, S. A, & Klein, A. M. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103(9), 1579–88. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp076>
- Allsopp, M. H., de Lange, W. J., & Veldtman, R. (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PLoS ONE*, 3(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003128>
- Ángel- Coca, C., Nates- Parra, G., Ospina Torres, R., & Melo- Ortiz, C. D. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *edulis*. *Caldasia*, 33(2), 433–451.
- Arias- Suárez, J. C., Ocampo Pérez, J., & Urrea- Gómez, R. (2014). La polinización natural en el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 73–83.
- Armenta Porras, G. E. (2013). *Análisis detallado del efecto foehn generado por la cordillera Oriental en el alto Magdalena (Huila y Tolima)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Bartkowski, B., Lienhoop, N., & Hansjürgens, B. (2015). Capturing the complexity of biodiversity: A critical review of economic valuation studies of biological diversity. *Ecological Economics*, 113, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.023>
- Bartomeus, I., Park, M. G., Gibbs, J., Danforth, B. N., Lakso, A. N., & Winfree, R. (2013). Biodiversity ensures plant – pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.12170>
- Batáry, P., Dicks, L. V., Kleijn, D., & Sutherland, W. J. (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 29(4), 1006–1016. <https://doi.org/10.1111/cobi.12536>
- Blanco, J. (2005). *La Experiencia Colombiana en Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales*.

- Bohart, G. E. (1972). Management of wild bees for the pollination of crops. *Annual Review of Entomology*, 17, 287-312. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.17.010172.001443>
- Botías, C., David, A., Horwood, J., Abdul- Sada, A., Hill, E., & Goulson, D. (2015). NEONICOTINOID RESIDUES IN WILDFLOWERS , A POTENTIAL ROUTE OF CHRONIC EXPOSURE FOR BEES. *Environmental Science and Technology*, (October), 1–21. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03459>
- Breeze, T. D., Bailey, A. P., Potts, S. G., & Balcombe, K. G. (2015). A stated preference valuation of the non-market benefits of pollination services in the UK. *Ecological Economics*, 111, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.022>
- Breeze, T. D., Gallai, N., Garibaldi, L. A., & Li, X. S. (2016). Economic Measures of Pollination Services: Shortcomings and Future Directions. *Trends in Ecology and Evolution*, 31(12), 927–939. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.09.002>
- Brittain, C., & Potts, S. G. (2011). The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.12.004>
- Calderón, L. V. (2012). *Visitantes florales y posibles polinizadores de chamba, Campomanesia lineatifolia (Myrtaceae) en cuatro localidades de la provincia de Lengupá, Boyacá*. Universidad Nacional de Colombia.
- Calle, Z., Guariguata, M. R., Giraldo, E., & Chará, J. (2010). La producción de maracuyá (*Passiflora edulis*) en Colombia: Perspectivas para la conservación del hábitat através del servicio de polinización. *Interciencia*, 35(3), 207–212.
- Carvalho, L. G., Seymour, C. L., Veldtman, R., & Nicolson, S. W. (2010). Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas, 810–820. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01829.x>
- Cepeda-Valencia, J., Gómez, D., & Nicholls, C. (2014). La estructura importa : abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 241–250.
- Chopra, S. S., Bakshi, B. R., & Khanna, V. (2015). Economic Dependence of U.S. Industrial Sectors on Animal-Mediated Pollination Service. *Environmental Science and Technology*, 49(24), 14441–14451. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03788>
- Cong, R., Smith, H. G., Olsson, O., & Brady, M. (2014). Managing ecosystem services for agriculture : Will landscape-scale management pay ? *Ecological Economics*, 99, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.01.007>

- Daily, G. C. (1997). *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington D.C.: Island Press.
- Daniel Melo Ortiz, C. (2011). BIOLOGÍA FLORAL Y REPRODUCTIVA DE LA GULUPA PASSIFLORA EDULIS SIMS F. EDULIS Catalina Ángel-CoCa guiomar nates-Parra rodulfo osPina-torres. *Caldasía*, 33(2), 433–451. Retrieved from <http://www.icn.unal.edu.co/>
- Danley, B., & Widmark, C. (2016). Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications. *Ecological Economics*, 126, 132–138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.04.003>
- Dicks, L., Baude, M., Roberts, S. P. M., Phillips, J., Green, M., & Carvell, C. (2015). How much flower-rich habitat is enough for wild pollinators? Answering a key policy question with incomplete knowledge. *Ecological Entomology*, 40(1), 22–35. <https://doi.org/10.1111/een.12226>
- Diffendorfer, J. E., Loomis, J. B., Ries, L., Oberhauser, K., Lopez-Hoffman, L., Semmens, D., ... Thogmartin, W. E. (2014). National valuation of monarch butterflies indicates an untapped potential for incentive-based conservation. *Conservation Letters*, 7(3), 253–262. <https://doi.org/10.1111/conl.12065>
- Eilers, E. J., Kremen, C., Smith Greenleaf, S., Garber, A. K., & Klein, A.-M. (2011). Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. *PloS One*, 6(6), e21363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021363>
- Ekroos, J., Olsson, O., Rundlöf, M., Wätzold, F., & Smith, H. G. (2014). Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? *Biological Conservation*, 172, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.02.013>
- Ellis, A. M., Myers, S. S., & Ricketts, T. H. (2015). Do Pollinators Contribute to Nutritional Health? *PLoS ONE*, 10(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114805>
- Engel, S., Pagiola, S., & Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues, 5(2007). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.011>
- Espinal G, C. F., Martínez Covalada, H. J., & Peña Marín, Y. (2005). *La cadena de los frutales de exportación en Colombia*. Bogotá.
- FAO. (2014). *Políticas Agroambientales en América Latina y el Caribe: Análisis de casos de Brasil, Chile, Colombia, México y Nicaragua*.
- Farley, J., & Costanza, R. (2010). Payments for ecosystem services : From local to global.

- Ecological Economics*, 69(11), 2060–2068.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.010>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Garay Suaza, J. (2011). *Anuario Estadístico Agropecuario*. (S. de A. y M. Gobernación del Huila & M. de A. y D. Rural, Eds.). Neiva.
- Garibaldi, L. A., Carvalheiro, L. G., Vaissière, B. E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J., Freitas, B. M., ... Chamorro-García, F. J. (2016). Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. *Science*, 351(6271), 388–391.
- Garibaldi, L. A., Steffan-dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... Kremen, K. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(March), 1608–1611.
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. a, ... Klein, A. M. (2011). Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14(10), 1062–72. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>
- Gemmill- Herren, B., Allara, M., Koomen, I., van der Valk, H., & Roubik, D. W. (2014). An agroecosystem approach to protecting pollinators from pesticides. In D. W. Roubik (Ed.), *Pollinator safety in agriculture* (p. 77). Balboa: FAO- UNEP.
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- González, Á., & Riascos, E. (2007). Panorama Latinoamericano del pago por Servicios Ambientales. *Gestión Y Ambiente*, 10(2), 129–144. Retrieved from <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1694/169419816011.pdf>
- González, V. H., Ospina, M., & Bennett, D. J. (2005). *Abejas altoandinas de Colombia. Guía de campo* (ARFO Editó). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Gonzalez, V. H., Sc, B., Ph, D., & Gonzalez, M. M. (2009). NOTAS BIOLÓGICAS Y TAXONÓMICAS SOBRE LOS ABEJORROS DEL MARACUYÁ DEL GÉNERO *Xylocopa* (HYMENOPTERA: APIDAE , XYLOCOPINI) EN COLOMBIA Biological

- and Taxonomic Notes on Maracuyá Bees of the Genus *Xylocopa* (Hymenoptera : Apidae , Xylocopini) in Colombia, *14*(2), 31–40.
- Goulson, D., Nicholls, E. K., Botías, C., Rotheray, E. L., Goulson, D., Nicholls, E., ... Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites , pesticides , and lack of flowers Bee declines driven by combined stress from parasites , pesticides , and lack of flowers. *Science*, *347*(6229), 1255957-1–6. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Grieg- Gran, M., & Gemmill- Herren, B. (2012). *Handbook for Participatory Socioeconomic Evaluation of Pollinator-Friendly Practices*. Roma: FAO- UNEP.
- Groot, R. S. De, Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification , description and valuation of ecosystem functions , goods and services, *41*, 393–408.
- Haines-young, R., Potschin, M., & Haines-young, R. (2013). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4*. Nottingham.
- Hajkowicz, S. (2009). The evolution of Australia's natural resource management programs: Towards improved targeting and evaluation of investments. *Land Use Policy*, *26*(2), 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.06.004>
- Hanley, N., Breeze, T. D., Ellis, C., & Goulson, D. (2014). Measuring the economic value of pollination services: Principles , evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Services*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.09.013>
- Henao, M. M. (2013). *Biología floral y reproductiva de la cholupa Passiflora maliformis (Passifloraceae)*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ings, T. C., Ward, N. L., & Chittka, L. (2006). Can commercially imported bumble bees out-compete their native conspecifics? *Journal of Applied Ecology*, *43*(5), 940–948. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01199.x>
- ICPA. (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores: Capítulo Abejas*. (G: Nates-Parra Ed.) Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 364 pp.
- IPBES. (2016). *The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers*. (S. G. Potts, V. Imperatriz- Fonseca, H. T. Ngo, J. C. Biesmeijer, T. D. Breeze, L. V Dicks, ... B. F. Viana, Eds.) (Secretaria). Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Bioiversity and Ecosystem Services.

- Jha, S., & Vandermeer, J. H. (2010). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 143(6), 1423–1431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.017>
- Kemkes, R. J., Farley, J., & Koliba, C. J. (2010). Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision. *Ecological Economics*, 69(11), 2069–2074. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.032>
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L. G., Henry, M., Isaacs, R., ... Bommarco, R. (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature*, 6(7414), 1–8. <https://doi.org/10.1038/ncomms8414>
- Klein, A., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-dewenter, I., Saul, A., Kremen, C., ... Kremen, C. (2009). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society*, 274, 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kosoy, N., & Corbera, E. (2010). Payments for ecosystem services as commodity fetishism ☆. *Ecological Economics*, 69(6), 1228–1236. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.002>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., ... Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. a, Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., ... Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299–314. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Lambert, D. M., Sullivan, P., Claassen, R., & Foreman, L. (2007). Profiles of US farm households adopting conservation-compatible practices. *Land Use Policy*, 24(1), 72–88. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2005.12.002>
- León- Sicard, T. (2014). *Perspectiva Ambiental de la Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lima, M. A. P., Martins, G. ., Oliveira, E. ., & Guedes, R. N. C. (2016). Agrochemical-induced stress in stingless bees: peculiarities, underlying basis, and challenges. *Journal of Comparative Physiology A*, (July), 1–38. <https://doi.org/10.1007/s00359-016-1110-3>

- Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H. G., Fries, I., & Bommarco, R. (2015). Neonicotinoid Insecticides and Their Impacts on Bees: A Systematic Review of Research Approaches and Identification of Knowledge Gaps, 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136928>
- Lye, G. C., Jennings, S. N., Osborne, J. L., & Goulson, D. (2011). Impacts of the use of nonnative commercial bumble bees for pollinator supplementation in raspberry. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 107–114. <https://doi.org/10.1603/EC10092>
- MADS. (2012). *Guía metodológica para el diseño e implementación del incentivo económico de Pago por Servicios Ambientales- PSA*.
- Marchi, P., & Melo, G. A. R. (2010). Biología de nidificação de *Xylocopa* (Neoxylocopa) frontalis (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná. *Oecologia Australis*, 14(1), 210–231. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.12>
- Martínez Ramirez, A. M. (2014). *Adopción y permanencia de la agricultura ecológica: razones y motivaciones de los agricultores ecológicos de Guasca y Anolaima*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/48819/>
- MAVDT. (2008). *Estrategia Nacional de Pago por Servicios Ambientales*.
- MEA. (2005). *Living Beyond Our Means: Natural Assets and Human Well-Being. Millenium Ecosystem Assessment*. (R. T. Watson & A. H. Zakri, Eds.).
- Medina- Gutiérrez, J., Ospina Torres, R., & Nates- Parra, G. (2012). Efectos de la variación altitudinal sobre la polinización en cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*). *Acta Biológica Colombiana*, 17(2), 379–394.
- Morse, R. A., & Calderone, N. W. (2000). The Value of Honey Bees As Pollinators of U . S . Crops. *Bee Culture Magazine*, 16.
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N., & May, P. H. (2010). Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services ☆. *Ecological Economics*, 69(6), 1202–1208. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.006>
- Murgueitio, E. (2009). Incentives for silvopastoral systems in Latin America. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 13(1), 3–19.
- Nash, B. J. (2009). Honeybees Market for pollination services grows. *Region Focus*, (Spring), 20–22.
- Norgaard, R. B. (2010). Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity

- blinder. *Ecological Economics*, 69(6), 1219–1227.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.009>
- Ocampo, J. (2013). Diversidad y Distribución de Passifloraceae en el departamento del Huila en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3), 511–516.
- Ocampo, J., Rodríguez, A., Puentes, A., Molano, Z., & Parra- Morera, M. (Eds.). (2015). *El cultivo de la Cholupa (Passiflora maliformis L.): Una alternativa para la fruticultura colombiana*. Neiva: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Passifloras de Colombia- Cepass. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4858.2488>
- Ocampo Pérez, J., d'Eeckenbrugge, G. C., Restrepo, M., Jarvis, A., Salazar, M., & Caetano, C. (2007). Ocampo et al_2007. *Biota Colombiana*, 8(1), 1–45.
- Pereira, M., & Garófalo, C. A. (2010). BIOLOGIA DA NIDIFICAÇÃO DE *Xylocopa frontalis* E *Xylocopa grisescens* (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em ninhos- armadilha. *Oecologia Australis*, 14(1), 193–209. <https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1401.11>
- Pereira Vieira, P., Oliveira Cruz, D., Maciel Gómez, M., de Oliveira Campos, L. A., & de Lima, J. E. (2010). Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 15, 43–53.
- Pettersson, J. (2010). *Payments for Environmental Services in the Campohermoso watershed*.
- Pinilla-gallego, M. S., & Nates-parra, G. (2015). Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia Apidae) in a passion fruit production area in Colombia, 37(103), 143–153. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.v37n103a03>
- Pitts-Singer, T. L., & Cane, J. H. (2011). The Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata*: The World's Most Intensively Managed Solitary Bee. *Annual Review of Entomology*, 56, 221–237. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144836>
- Pizano, C., & García, H. (Eds.). (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- PNUMA. (2010). La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB. In A. Pavan Sukhdev, H. Wittmer, C. Schröter-Schlaack, C. Nesshöver, J. Bishop, P. ten Brink, ... A. Neuville (Eds.), *TEEB* (p. 102). Malta.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E.

- (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–53. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Roberts, S. P. M., Dean, R., Marris, G., Brown, M. A., Jones, R., ... Settele, J. (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 15–22. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02>
- Potts, S. G., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G., & Willmer, P. (2003). LINKING BEES AND FLOWERS: HOW DO FLORAL COMMUNITIES STRUCTURE POLLINATOR COMMUNITIES? *Ecology*, 84(10), 2628–2642.
- Ricketts, T. H., & Lonsdorf, E. (2013). Mapping the margin : comparing marginal values of tropical forest remnants for pollination services. *Ecological Applications*, 23(5), 1113–1123.
- Rincón, A., Echeverry- Duque, M., Piñeros, A. M., Tapia, C. H., David, A., Arias- Arévalo, P., & Zuluaga, P. A. (2014). *VIBSE. Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos: aspectos conceptuales y metodológicos*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Rodríguez Calderón, Á. T. (2014). *Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos, (champa Campomanesia lineatifolia Ruiz & Pav. y cholupa Passiflora maliformis L.)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez Calderón, A. T., Chamorro, F., Calderón L. V., Pinilla M. S., Henao, M., Ospina R., Nates- Parra, G. (2015). *Polinización por abejas en cultivos promisorios de Colombia: Agraz (Vaccinium meridionale), chamba (Campomanesia lineatifolia) y cholupa (Passiflora maliformis)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Rørstad, P. K., Vatn, A., & Kvakkestad, V. (2007). Why do transaction costs of agricultural policies vary? *Agricultural Economics*, 36, 1–11.
- Roulston, T. H., & Goodell, K. (2011). The Role of Resources and Risks in Regulating Wild Bee Populations. *Annual Review of Entomology*, 56, 293–312. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144802>
- Rucker, R. R., Thurman, W. N., & Burgett, M. (2012). Honey bee pollination markets and the internalization of reciprocal benefits. *American Journal of Agricultural Economics*, 94(4), 956–977. <https://doi.org/10.1093/ajae/aas031>
- Senapathi, D., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Carvalheiro, G., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2015). ScienceDirect Pollinator conservation — the difference between managing

- for pollination services and preserving pollinator diversity, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.11.002>
- Stanley, D. A., Garratt, M. P. ., Wickens, J. B., Wickens, V. J., Potts, S. G., & Raine, N. E. (2015). Neonicotinoid pesticide exposure impairs crop pollination services provided by bumblebees. *Nature*, 528, 548–550. <https://doi.org/10.1038/nature16167>
- Tacconi, L. (2012). Rede fi ning payments for environmental services. *Ecological Economics*, 73, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.028>
- Tallis, H., Kareiva, P. M., Marvier, M., & Chang, A. (2008). An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *PNAS*, 105(28), 9457–9464.
- Vaissière, B. E., Freitas, B. M., & Gemmill- Herren, B. (2011). *PROTOCOL TO DETECT AND ASSESS POLLINATION DEFICITS IN CROPS: A HANDBOOK FOR ITS USE*. Roma: FAO- UNEP.
- VanEngelsdorp, D., Hayes Jr, J., Underwood, R. M., & Pettis, J. S. (2010). A survey of honey bee colony losses in the United States , fall 2008 to spring 2009. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 7–14. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.03>
- Vatn, A. (2010). An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 69(6), 1245–1252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.018>
- Vélez Velandia, E. D. (2012). *Revisión del género Centris Fabricius, 1804 (Hymenoptera : Apidae : Centridini) en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Velthuis, H. H. W., & van Doorn, A. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37(October 2015), 421–451. <https://doi.org/10.1051/apido>
- Viana, B. F., Boscolo, D., Neto, E. M., Lopes, L. E., Lopes, A. V, Ferreira, P. A., ... Primo, L. M. (2012). How well do we understand landscape effects on pollinators and pollination services? *Journal of Pollination Ecology*, 7(5), 31–41.
- Winfree, R., Aguilar, R., Vázquez, D., LeBuhn, G., & Aizen, M. (2009). A meta-analysis of bees´responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90(8), 2068–2076.
- Winfree, R., Gross, B. J., & Kremen, C. (2011). Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics*, 71, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.08.001>
- Woodcock, B. A., Isaac, N. J. B., Bullock, J. M., Roy, D. B., Garthwaite, D. G., Crowe, A., & Pywell, R. F. (2016). Impacts of neonicotinoid use on long- term population changes in wild bees in England. *Nature Communications*, 7, 1–8.

<https://doi.org/10.1038/ncomms12459>

Wunder, S. (2005). *Payments for environmental services : some nuts and bolts*. Jakarta.

Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>